

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN**  
**Fakultät Wirtschaftswissenschaften**

**Dresdner Beiträge zur Betriebswirtschaftslehre**

Nr. 121/06

**Unternehmenssteuerung im klimapolitischen  
Umfeld**  
(CO2-Navigator)

**Design eines Forschungsvorhabens**

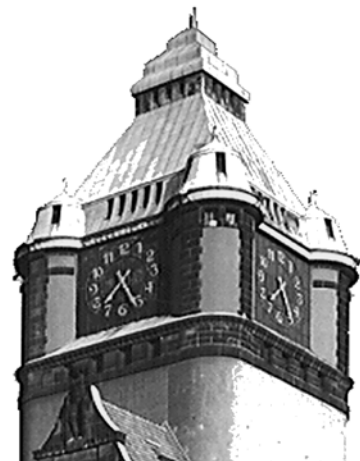
**Laufzeit: 2006-2008**

**Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung**

**von**

**Edeltraud Günther / Ulrich Blum / Antje Fritzsche / Johannes  
Stephan / Henry Dannenberg**

Herausgeber:  
Die Professoren der  
Fachgruppe Betriebswirtschaftslehre  
ISSN 0945-4810



**Prof. Dr. Edeltraud Günther**  
**Dipl.-Wirtsch.-Ing. Antje Fritzsche**

Technische Universität Dresden  
Fakultät Wirtschaftswissenschaften  
Professur für Betriebswirtschaftslehre,  
insbes. Betriebliche Umweltökonomie  
01062 Dresden

Telefon: (0351) 463-3 4313

Telefax: (0351) 463-3 7764

E-Mail: [bu@mailbox.tu-dresden.de](mailto:bu@mailbox.tu-dresden.de)  
<http://www.tu-dresden.de/wwbw/bu/>

**Prof. Dr. Ulrich Blum**  
**Dr. Johannes Stephan**  
**Dipl.-Kfm. Henry Dannenberg**

Institut für Wirtschaftsforschung Halle  
Abteilung Industrieökonomik  
Postfach 11 03 61  
06017 Halle (Saale)

Telefon: (0345) 7753-835

Telefax: (0345) 7753-766

E-Mail: [Johannes.Stephan@iwh-halle.de](mailto:Johannes.Stephan@iwh-halle.de)  
<http://www.iwh-halle.de/asp/abteil.asp?lang=d&Abteilung=wett>

Parallel als wissenschaftliches elektronisches Dokument veröffentlicht auf dem  
Hochschulschriftenserver der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und  
Universitätsbibliothek Dresden (SLUB) unter:  
<http://hsss.slub-dresden.de/hsss/servlet/hsss.urlmapping.MappingServlet?id=1160749636563-0474>

## **Vorwort**

Die vorliegende Veröffentlichung informiert über das Forschungsdesign des Projektes „Unternehmenssteuerung im klimapolitischen Umfeld (CO<sub>2</sub>-NAVIGATOR)“. Sie trägt damit zur Transparenz und Objektivität des Forschungsprozesses bei, indem sie frühzeitig – d. h. zu Beginn der Bearbeitungsphase – sowohl die Ziele, als auch die geplante Vorgehensweise und die erwarteten Ergebnisse nachvollziehbar darlegt.

Für dieses Projekt wurde beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Projektverbund Klimaschutz eine Förderung beantragt, die beginnend Ende 2006 für zwei Jahre bewilligt wurde. Auf Basis des hierfür notwendigen Antrages wurde die vorliegende Veröffentlichung entwickelt. Die Veröffentlichung gliedert sich gemäß den Vorgaben des BMBF:

- Zunächst werden die Notwendigkeit der Untersuchung sowie das Ziel des Vorhabens unterlegt mit konkreten wissenschaftlichen Arbeitszielen dargestellt.
- Nach der Aufarbeitung des Standes Wissen und Technik erfolgt eine ausführliche Beschreibung der geplanten Forschungsarbeiten und des zeitlichen Arbeitsplans.
- An diesen schließen sich Ausführungen zum Anwendungspotential und der geplanten Verwertung sowie die Darstellung der Zusammenarbeit mit Dritten an.

Über Diskussionsbeiträge oder Anregungen aus Wissenschaft und Praxis freuen wir uns gleichermaßen.

*Prof. Dr. Edeltraud Günther*  
*Projektleiterin*

*Prof. Dr. Ulrich Blum*  
*Projektleiter*



# **Unternehmenssteuerung im klimapolitischen Umfeld (CO2-Navigator)**

## **Design eines Forschungsvorhabens**

<b>1</b>	<b>Ziel- und Problemstellung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Notwendigkeit der Untersuchung.....	1
1.2	Gesamtziel des Vorhabens .....	2
1.3	Wissenschaftliche Arbeitsziele des Vorhabens .....	3
<b>2</b>	<b>Stand des Wissens und der Technik.....</b>	<b>5</b>
2.1	Umweltökonomie .....	5
2.2	Wettbewerbstheorie und Marktstruktur .....	7
2.3	Finanzwirtschaft .....	10
2.4	Risikomanagement .....	12
<b>3</b>	<b>Geplante Forschungsarbeiten und Arbeitsprogramm.....</b>	<b>17</b>
3.1	Beschreibung der Arbeitspakete .....	17
3.1.1	Arbeitspaket 1: Strategische Ausgangslage der Unternehmen .....	19
3.1.2	Arbeitspaket 2: Projektion eines Zukunftskorridors .....	21
3.1.3	Arbeitspaket 3: Übersicht der Handlungsalternativen .....	23
3.1.4	Arbeitspaket 4: Aufstellung rationaler Szenarien .....	24
3.1.5	Arbeitspaket 5: Modellkomponente Risikobewertung .....	25
3.1.6	Arbeitspaket 6: Modellkomponente Bewertung der Anpassungs- strategien .....	26
3.1.7	Arbeitspaket 7: Aufstellung eines Entscheidungsmodells .....	28
3.1.8	Arbeitspaket 8: Software CO <sub>2</sub> -Navigator .....	29
3.1.9	Arbeitspaket 9: Empirische Prüfung des Unternehmensmodells .....	30
3.1.10	Arbeitspaket 10: Ableitung von Strategieempfehlungen .....	31
3.1.11	Arbeitspaket 11: Kommunikation .....	32
3.2	Zeitplanung.....	33
<b>4</b>	<b>Anwendungspotential .....</b>	<b>34</b>

<b>5</b>	<b>Verwertungsplan und Erfolgsaussichten .....</b>	<b>36</b>
5.1	Wirtschaftliche und wissenschaftlich/technische Erfolgsaussichten .....	36
5.2	Umsetzungskonzepte .....	37
5.3	Weitere Nutzungsmöglichkeiten .....	37
<b>6</b>	<b>Arbeitsteilung und Zusammenarbeit mit Dritten.....</b>	<b>39</b>
6.1	Verbundpartner und Arbeitsteilung .....	39
6.2	Kooperierende Unternehmen .....	39
6.3	Experten .....	40
6.4	Multiplikatoren .....	40
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>41</b>

# 1 Ziel- und Problemstellung

## 1.1 Notwendigkeit der Untersuchung

Eine aktuelle Umfrage des CARBON DISCLOSURE PROJECT (2005) bestätigt, daß immer mehr Unternehmen die Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Märkte realisieren und die Notwendigkeit eines diesbezüglichen Risikomanagements erkennen. Allerdings läßt die Umfrage auch Handlungsbedarf erkennen. Nur 14 % der befragten Unternehmen haben ihre Treibhausgasemissionen im vergangenen Jahr reduziert, nur jeder zweite Konzern verfügt über ein konkretes Programm zur Minderung der Emissionen oder über quantitative Reduktionsziele.

Dies ist um so verwunderlich, als der Klimawandel in zweierlei Hinsicht veränderte Umfeldbedingungen für Unternehmen induziert: einerseits verändern sich Ökosysteme (z. B. Extremwetterereignisse, Erhöhung des Meeresspiegels), andererseits ändert sich das politische Aktionsfeld (z. B. Klimapolitik) bis hin zu neuen institutionellen Arrangements (z. B. Emissionshandel). Für den Erfolg von Klimaschutzstrategien sind sowohl Effektivität als auch Effizienz der Strategien wichtig. Effektivität bedeutet dabei „Die richtigen Dinge tun“: die Politik trifft Entscheidungen mit ihren naturwissenschaftlichen Beratern. Demgegenüber ist die Effizienz, also „Die Dinge richtig tun“ eine Aufgabe der Wirtschaftswissenschaften.

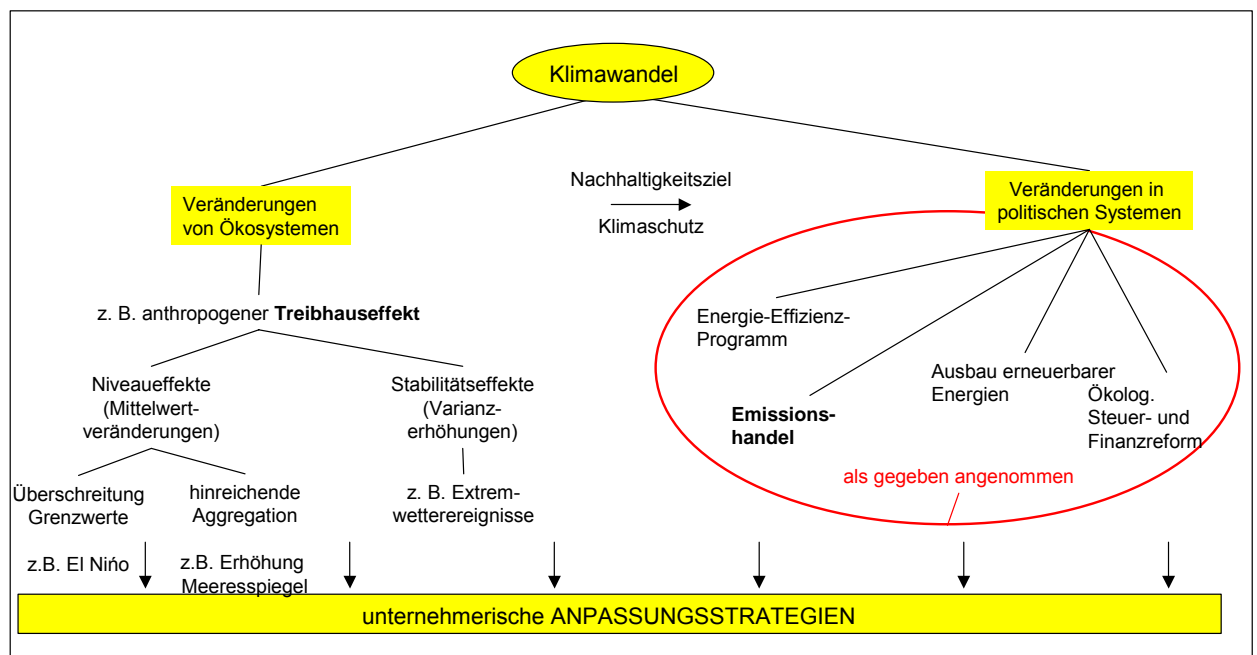


Abbildung 1: Einordnung des Vorhabens in die Klimaproblematik

Das Forschungsprojekt untersucht bei gegebener Klimapolitik die effiziente Umsetzung daraus resultierender Maßnahmen durch die Unternehmen und leitet Empfehlungen für die Politik ab. Als Untersuchungsobjekt wird für dieses Projekt aufgrund seiner Aktualität und Neuartigkeit der Emissionshandel gewählt. Die geschilderten ökologischen und politischen Entwicklungen muß eine strategische Unternehmensführung aufgreifen, indem sie ihrerseits Anpassungsstrategien erarbeitet. Im geplanten Vorhaben sind unter Anpassungsstrategien unternehmerische Strategien zur Anpassung an ein sich veränderndes Umfeld zu verstehen.

Das geplante Vorhaben wählt stellvertretend deutsche Unternehmen bestimmter Branchen die vom Emissionshandel betroffen sind als Betrachtungsgegenstand aus. Die gewählte Vorgehensweise wird bewußt so gewählt, daß eine Erweiterung über den gegebenen engen Kreis hinaus möglich ist. Die betrachteten Unternehmen müssen unter den neuen politischen und technologischen Rahmenbedingungen des Emissionshandels ihre Strategien formulieren und bewerten. Dabei spielt zunächst der Umgang mit der neuen (bzw. nun wahrgenommenen) Knappheit der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch CO<sub>2</sub>-Lizenzen eine bedeutende Rolle. Diese verändern das gesamte Entscheidungskalkül durch Beeinflussung von Preisen und Kosten, insbesondere Flexibilitätskosten, im Unternehmen. In einem erweiterten Sinne müssen aber auch zukünftige politische und gesellschaftliche Entwicklungen und technologische Innovationen in die Unternehmensentscheidung vor dem Hintergrund einer langfristig angelegten Klimaschutzstrategie einbezogen werden. In den Unternehmen sind neue Instrumente zum Risikomanagement und der strategischen Planung nötig.

## 1.2 Gesamtziel des Vorhabens

Vor dem Hintergrund der Frage, wie ein Unternehmen oder eine Branche sich auf absehbare Klimaänderungen einstellen kann, ist es konkretes Anliegen des Projektes, den Unternehmen eine Hilfestellung anzubieten, mögliche Strategien zur Minderung von Treibhausgasen und mittelfristigen Anpassungen an veränderte Umfeldbedingungen zu erarbeiten, deren wirtschaftliche Auswirkungen abzuschätzen und darauf aufbauend Entscheidungen für die betriebliche Praxis ableiten zu können. Als Betrachtungsgegenstand werden stellvertretend deutsche Unternehmen der Branchen Energieumwandlung und –umformung und mineralverarbeitende Industrie gewählt. Darüber hinaus werden ebenso Unternehmen, die nur indirekt vom Emissionshandel betroffen sind, beispielsweise Versicherer, einbezogen.

Das zu entwickelnde Modell soll Unternehmen in die Lage versetzen, bei der Entscheidung explizit das monetäre Risiko einer fehlenden CO<sub>2</sub>-Strategie und den Wert einer Investition in CO<sub>2</sub> vermeidende Technologien unter besonderer Berücksichtigung flexibler Anpassungsmöglichkeiten an zukünftige Entwicklungen gegeneinander abzuwägen. Für das gewählte Untersuchungsobjekt der CO<sub>2</sub>-Lizenzen wird ein integriertes Modell entworfen. Dieses soll vom Preis der CO<sub>2</sub>-Lizenz über den *value at risk* als monetäres Risikomaß bis zum Wert strategischer Realoptionen eine konsistente Darstellung der Wertabhängigkeiten erzeugen. Hinter diesem übergeordneten Ziel stehen weitere Ziele, die mit dem Vorhaben erreicht werden sollen:

- Plausible Szenarien: Es soll eine überschaubare Anzahl plausibler Szenarien bestimmt werden, um einerseits „Kaskadierung von irrationalen Entscheidungen“ zu unterbinden und eine Entscheidung auf Unternehmensebene überhaupt erst zu ermöglichen. Andererseits soll so das bereits weit ausgearbeitete Wissen, insbesondere klimatologischer Eingangsgrößen, praxistauglich fokussiert werden.
- Quantifizierung des Risikominderungspotentials: Das Risiko fehlender CO<sub>2</sub>-Lizenzen soll in das unternehmerische Risikoportfolio eingebunden werden und somit das Unternehmen in die Lage versetzen, die Bedeutung der Komponente CO<sub>2</sub> für das Unternehmen abzuschätzen und die aus diesem Risiko erwachsenden Kosten zu ermitteln.



- Bewertung von Anpassungsmöglichkeiten: Die Anpassungsmöglichkeiten der Unternehmen sollen am Beispiel des CO<sub>2</sub>-Emissionshandels identifiziert und bewertet werden. Der Fokus wird dabei deutlich auf langfristige, aktive Strategien gelegt, die eine stärkere Verankerung des Minderungs- und Vermeidungsgedankens in den Unternehmen und damit die Reduzierung von CO<sub>2</sub> fördern. Unter Anpassung werden in diesem Zusammenhang sowohl die Strategien Vermeiden (d.h. das Unterlassen risikoträchtiger Geschäfte), Überwälzen (d.h. Weitergabe des Risikos an vor- oder nachgelagerte Stufen), Vermindern (d.h. Reduzieren auf ein Restrisiko) und Akzeptieren (d.h. Beobachtung in Kauf genommener Risiken) verstanden.
- CO<sub>2</sub>-Navigator: Ziel des CO<sub>2</sub>-Navigators ist es, unternehmerische Entscheidungen zu begleiten und die Entscheidungsfindung zu unterstützen. Das zu entwickelnde komplexe Modell soll in Form einer verständlichen Software aufbereitet werden, die einen Einsatz in den Unternehmen ermöglicht.

### 1.3 Wissenschaftliche Arbeitsziele des Vorhabens

Basierend auf dem Gesamtziel des Vorhabens ergeben sich folgende Forschungsfragen, die im Rahmen des Projektes weiter differenziert und erörtert sowie methodisch untersetzt werden sollen:

- Wie können zukünftige Entwicklungen des Unternehmensumfeldes für eine Entscheidungsfindung vorhergesagt und aufbereitet werden? Ausgehend vom aktuellen Stand des Makroumfeldes sowie des aufgabenspezifischen Umfeldes soll eine Prognose der als kritisch identifizierten Einflußgrößen und möglicher Extremereignisse erfolgen, die in einer überschaubaren Anzahl rationaler Szenarien zusammengefaßt werden.
- Wie können unsichere Ereignisse in die Entscheidungsfindung einbezogen werden? Zum einen sollen die Kosten der Unsicherheit über eine Monetarisierung des Risikos bestimmt werden, darüber hinaus werden Investitionsentscheidungsverfahren unter Unsicherheit analysiert und das geeignete Verfahren zur Bewertung der Anpassungsstrategien vorgeschlagen.
- Wie können Strategien, die zukünftige Entwicklungen und Unsicherheit berücksichtigen sollen, bewertet werden? Die Auswirkungen der Umfeldentwicklungen bzw. Szenarien auf die internen, ökonomisch bewertbaren Knappheiten des Unternehmens werden analysiert und in die Modellkomponenten zum Risiko und der Strategiebewertung integriert.
- Wie können die mit CO<sub>2</sub>-Lizenzen verbundenen Risiken monetarisiert werden? Überkapazitäten von CO<sub>2</sub>-Lizenzen führen zu Flexibilitätskosten, Fehlmengen zu Produktionsbeschränkungen. Damit wird die Lizenz zu einem Bestandteil des Risikomanagements, der sich in einem *value at risk* manifestiert. Der Teil des unternehmerischen Kapitals, der erforderlich ist, dieses abzufangen wird – bei gegebener Eintrittswahrscheinlichkeit – diesem Risiko zugeordnet. Die Kosten dieses Kapitals sind damit der Risikopreis.

- Wie können Unternehmen in Bezug auf die Notwendigkeit langfristiger, aber flexibler Anpassungsstrategien sensibilisiert werden? Angestrebt wird eine klare Modellierung und Beschreibung von Wirkungszusammenhängen über die entsprechenden einzel- und gesamtwirtschaftlichen Betrachtungsebenen zu den folgenden drei Ebenen der Preisbildung: die gesamtwirtschaftliche (CO<sub>2</sub>-Lizenzpreis), die betriebliche (*value at risk*) und die strategische (Optionswert).
- Wie können Unternehmen bei der Entscheidungsfindung über CO<sub>2</sub>-Anpassungsstrategien unterstützt werden? Hierfür soll eine interaktive Software konzipiert werden, die Unternehmer befähigt eigene Strategien zu bewerten und kritisch zu hinterfragen. Der Workshopcharakter der Software soll Handlungsspielräume bei CO<sub>2</sub>-Strategien offen legen und Impulse für langfristige Klimaschutzmaßnahmen setzen.

Das innovative Alleinstellungsmerkmal des Projektes ist eben eine simultane Betrachtung der drei Ebenen der Preisbildung. Es gilt theoretisch und empirisch zu prüfen, inwieweit die Signale dieser drei Ebenen übereinstimmen können.

## 2 Stand des Wissens und der Technik

Zur Bewältigung der Projektaufgabe ist eine Vernetzung verschiedener wirtschaftswissenschaftlicher Disziplinen erforderlich. Dazu zählen neben den offensichtlichen Fragen aus dem Bereich der Umweltökonomie und des Risikomanagements insbesondere Wettbewerbstheorie sowie Finanzwissenschaft. Die Umweltökonomie beschreibt zum einen die globale Dimension der Klimaproblematik und deren Wirkungen, zum anderen sind gesamtwirtschaftliche Überlegungen zum effizienten Umgang mit ökologisch knappen Ressourcen, im Untersuchungsfall der künstlich knappen Ressource CO<sub>2</sub>-Emission anzustellen. Basierend auf den Analyseergebnissen für den Handel mit Emissionsberechtigungen ist der Klimaschutz ganzheitlich im unternehmerischen Entscheidungskalkül zu verankern. Aus wettbewerblicher Sicht zeigt die Forschung auf, wie Unternehmen sich rational an die neuen Rahmenbedingungen des Emissionshandels anpassen können und welche Wirkung diese Anpassung auf Marktmacht und Marktstruktur haben kann. Aus dem Bereich der Finanzwirtschaft werden Kenntnisse zu Finanz- und Gütermärkten sowie über Investitionsentscheidungsverfahren unter Unsicherheit und aktiver Einflußnahme des Managements herangezogen. Im Rahmen des Risikomanagements ist zur Existenzsicherung eines Unternehmens die Betrachtung von Risiken, die sich aus dem Klimawandel ergeben, erforderlich. Mittels Instrumenten und Verfahren des Risikomanagements wird eine Quantifizierung dieses Risikos im beantragten Forschungsprojekt zum Risiko „Verfügbarkeit CO<sub>2</sub>-Lizenzen“ vorgenommen.

Die folgenden Ausführungen geben einen themenspezifischen Überblick über Gegenstand und aktuelle Entwicklungen der genannten Forschungsdisziplinen sowie vorhandener Ansätze und ordnen diese in den Kontext des Projektes ein.

### 2.1 Umweltökonomie

Widmen sich die klassischen Wirtschaftswissenschaften ökonomisch knappen Güter, so liegt der Schwerpunkt der Umweltökonomie darin, die Bedeutung ökologisch knapper Güter für unternehmerische Entscheidungen zu untersuchen. Denn die zunehmende ökologische Knappheit verändert das Verhalten von Gruppen, die in materiellen oder immateriellen Austauschbeziehungen zum Unternehmen stehen.

Dies führt dazu, daß Unternehmen aufgrund direkter oder indirekter Einflüsse nicht umhin können, ökologische Aspekte in ihre Entscheidungen einzubeziehen. Gerade die Entwicklung des Emissionshandels zeigt in geradezu lehrbuchhafter Weise, wie aus einem zunächst ausschließlich ökologisch knappen Gut, nämlich der Aufnahmefunktion der Umwelt, ein ökonomisch knappes Gut wird.

Zweifelsohne ist es ein maßgeblicher Verdienst der bereits geleisteten wissenschaftlichen Arbeit auf dem Gebiet der Umweltökonomie, daß ein marktwirtschaftlich-orientiertes Instrument wie das der handelbaren Emissionszertifikate in die Praxis eingeführt wurde. Das Konzept geht zurück auf den Preis-Standard-Ansatz (BAUMOL, OATES 1988), der das nur schwer zu erfüllende ökonomische Effizienzkriterium durch ein ökologisches Effizienzkriterium, d. h. Umweltziel, ersetzt (WIESMETH 2003). Im Falle handelbarer Emissionszertifikate werden nur Berechtigungen für eine beschränkte Menge an Emissionen an die Unternehmen vergeben, die diese untereinander handeln können. Die Unternehmen haben im Vergleich zu einer star-

ren Abgabenslösung den Spielraum, entsprechend ihrer spezifischen Situation selbst Emissionen zu vermeiden oder anderweitig Zertifikate zu erwerben. Die (vorgegebene) Gesamtmenge der Emissionen bleibt konstant, jedoch erfolgt die Vermeidung theoretisch kosteneffizient. Im Hinblick auf Vergabeverfahren, Transaktionskosten, Organisation des Handels sowie möglicher Wettbewerbsauswirkungen wurde der grundlegende Ansatz ganz besonders in den letzten Jahren seit dem Kyoto Protokoll diskutiert.

Wie bereits erwähnt, knüpft das Projekt an alle drei Bereichen der umweltökonomischen Forschung, der internationale, der volkswirtschaftliche und auch der betriebliche Umweltökonomie, an. Bereits traditionell stellt die Umweltökonomie ein Querschnittsgebiet dar, sie lehnt sich in ihren Strukturen stark an Konzepte der klassischen Wirtschaftswissenschaften und auch der Sozialpolitik an. Insbesondere die Frage, mit welchen Instrumenten der Knappheit effizient zu begegnen ist, hat erhebliche Berührungspunkte zu den genannten Disziplinen. Dieser übergreifende Gedanke wird im Rahmen des Vorhabens durch die gewählte Problemstellung noch betont. Nachfolgend wird am Beispiel des Emissionshandels dargestellt, welche Aspekte in den drei Bereichen im Fokus stehen:

Der Einführung des ersten internationalen Handelssystems für CO<sub>2</sub>-Emissionsberechtigungen in der EU und dessen zukünftige Erweiterung ab der Kyoto-Periode (2008) gilt ein Hauptaugenmerk der internationalen Umweltökonomie. Theoretische Untersuchungen (u. a. CHANDER 1999, HAHN, STAVINS 1999) befassen sich mit der notwendigen Ausgestaltung des weltumspannenden Handels, um den Anspruch einer signifikanten Emissionsreduzierung bei minimalen volkswirtschaftlichen Kosten zu erfüllen. Anfangs stark kritisiert, haben die vorgesehenen projektbasierten Kyoto-Mechanismen – Joint Implementation (JI) und Clean Development Mechanism (CDM) – stark an Bedeutung gewonnen. Insbesondere die Rückwirkungen der Emissionsgutschriften aus Projekten in Ländern, die keine Reduktionsverpflichtungen übernommen haben (CDM), auf die angestrebte globale Emissionsreduktion sind aktuell von großem Interesse.

Betrachtungsgegenstand der volkswirtschaftlichen Umweltökonomie ist die Umsetzung der politisch verbindlichen, nationalen Klimaschutzziele. In jüngster Vergangenheit wurden hier vor allem Vergabeverfahren und die Allokation der deutschen Gesamtzertifikatmenge hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und wettbewerbspolitischen Auswirkungen diskutiert (KLEPPER, PETERSON 2004; GRAICHEN, REQUATE 2005). Die sich langsam abzeichnenden, ersten Resultate des Emissionshandels in der EU sind zu evaluieren, um gegebenenfalls Korrekturen für folgende Zuteilungsperioden vorzunehmen. Bereits Erfahrungen liegen hingegen aus anderen Staaten vor. Die praktische Umsetzung von Lizenzsystemen erfolgt in den Vereinigten Staaten bereits im Rahmen mehrerer Programme; des nationalen SO<sub>2</sub>-Zertifikatemarktes zur Bekämpfung des sauren Regens (CLEAN AIR ACT), des regionalen (Südkalifornien) SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>-Marktes (RECLAIM) sowie des NO<sub>x</sub>-Marktes im Osten der USA. Die Erfahrung lehrte hier, daß vor allen Dingen das entstehende Preissystem sowie Art und Grad der Unsicherheit Gegenstand wesentlicher wissenschaftlicher Untersuchung sein müssen (PINDYCK 2000, SAPHORES, CARR 1998, JOSKOW 1998, GODAL 2003).

Sosehr eine vergleichende Betrachtung mit diesem Lizenzsystem erfolgen muß, sind auch die Unterschiede im Handelssystem und die begrenzte räumliche ökologische Wirkung (Saurer Regen bzw. bodennahe Ozonbildung im Vergleich zum globalen Klimawandel) der einbezo-

genen Emissionen abzuwägen. Dies gilt auch für die im Kontext der bereits bestehenden Märkte geäußerte Kritik (MOORE 2003) am Instrument des Zertifikatehandels. Erfahrungen im Handel mit Zertifikaten für Treibhausgase liegen bereits aus dem UK Emission Trading System als erstem branchenübergreifenden, jedoch unternehmensindividuell variierendem Lizenzsystem, basierend auf steuerlichen Vergünstigungen und finanziellen Anreizen, und aus Dänemark vor.

Die betriebliche Umweltökonomie befaßt sich u.a. mit den institutionellen Anforderungen des Emissionshandels. Dazu sind die Erfassung und das Controlling der Treibhausgase und die Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>-Berechtigungen in der Rechnungslegung (GÜNTHER 2003, IDW 2005) zu zählen. Viele Unternehmen haben sich mit dieser Thematik bereits im Vorfeld befaßt (GÜNTHER, TRÖLTZSCH 2004), vereinzelt wurden auch in Deutschland Initiativen in Vorbereitung des Emissionshandelssystems durchgeführt. Unter Federführung des Hessischen Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten wurde in einem Pilotprojekt mit 6 Unternehmen der Handel mit CO<sub>2</sub>-Zertifikaten simuliert, die Deutsche BP AG betreibt schon seit 1999 einen konzerninternen Emissionshandel und bereits seit dem 25.10.2004 werden an der EEX Futures auf CO<sub>2</sub>-Zertifikate gehandelt. Oftmals von öffentlicher Seite werden den Unternehmen Informationsmaterialien zum Emissionshandel angeboten. Mit der Aufzählung dieser (ausgewählten) Initiativen soll deutlich gemacht werden, daß offensichtlich der Handel mit Emissionsberechtigungen stark betont wird.

Unternehmen benötigen jedoch Instrumente, die alle Handlungsalternativen gegenüberstellen, um Entscheidungen über die optimale Anpassungsstrategie für das jeweilige Unternehmen zu treffen. Diese kann die umweltökonomische Forschung liefern, dabei zählt es insbesondere zu den Aufgaben der betrieblichen Umweltökonomie, den Fokus der Unternehmen auf die Möglichkeiten eigener Vermeidungs- und Minderungsstrategien zu lenken. Die Basisstrategien<sup>1</sup> im Umweltschutz (MEFFERT, KIRCHGEORG 1998) sind vor dem Hintergrund des Emissionshandels und der spezifischen Markt- und Wettbewerbssituation neu zu bewerten und mit den unternehmerischen Risikostrategien zu verknüpfen. Bei der Auswahl einer CO<sub>2</sub>-Strategie sind die ökologischen und ökonomischen Konsequenzen alternativer Maßnahmen abzuwägen. Hierfür wurde beispielsweise der ökologisch-ökonomische Nettoeffekt (GÜNTHER 2000) entwickelt, der auf die vorliegende Situation anwendbar ist. Dabei werden die Aktionskosten einer Strategie verringert um den Anteil der überwälzbaren Kosten den Sanktionskosten, d. h. den aus der Nichtdurchführung der Maßnahme entstehenden Kosten, gegenübergestellt. Er bietet die Möglichkeit auch ökologische Überlegungen in die Entscheidungsfindung einzubeziehen und den Abwägungsprozeß transparent zu gestalten.

## 2.2 Wettbewerbstheorie und Marktstruktur

Klimawandel und Emissionshandel wirken auf Wettbewerb und Marktstruktur in zweierlei Hinsicht: Zum einen stellen die Veränderungen im Umfeld der Unternehmen, die der Klimawandel direkt verursacht, eine erhöhte Herausforderung für Unternehmen dar, sich strategisch ihre Wettbewerbsposition zu sichern. Zum zweiten stellt die Einbeziehung in den Emissions-

---

<sup>1</sup> Es muß an dieser Stelle klar herausgestellt werden, daß die im geplanten Vorhaben thematisierten Anpassungsstrategien unternehmerische Strategien zur Anpassung an ein sich veränderndes Umfeld unter besonderer Berücksichtigung des Emissionshandels darstellen. Sie sind keinesfalls mit den in der umweltökonomischen Literatur beschriebenen reaktiven, lediglich die gesetzlichen Vorschriften adaptierenden Anpassungsstrategien zu verwechseln.

handel eine Quelle erhöhten Risikos dar, das Marktmacht- und Marktstrukturauswirkungen zeitigen kann. Aufgabe der Wettbewerbstheorie im Vorhaben ist demnach, die Auswirkungen von Klimawandel und Emissionshandel auf das strategische Verhalten von in den Emissionshandel einbezogenen Unternehmen abzuschätzen, die ja typischerweise in sogenannten "engen Märkten" agieren. Besonderheiten solcher Märkte betreffen vor allem Irreversibilitäten und versunkene Kosten („sunk costs“), Informationsasymmetrien und die daraus resultierenden Konsequenzen für Marktstruktur und Marktverhalten. Die im Projekt beabsichtigte Bewertung von unternehmerischen CO<sub>2</sub>-Anpassungsstrategien wird gerade diese Charakteristika prominent beachten müssen, um effiziente und effektive Entscheidungsinstrumente für Unternehmen entwickeln zu können.

Entscheidet sich also ein Unternehmen für eine Investition z.B. in emissionsreduzierende Technologien, so stellen die Ausgaben versunkene Kosten dar, da sie bei kurzfristigem Rückzug vom Markt nicht zurückgewonnen werden können (BAUMOL, PANZAR, WILLIG 1988). Diese Kosten können technologisch vorgegeben sein, beispielsweise durch die hohe Spezifität von Produktionsanlagen, oder auch von einer ungünstigen Marktlage erzeugt werden, die keinerlei Verwertungsmöglichkeiten zuläßt, falls die Produktion eingestellt werden muß. Typische Beispiele sind die Zementindustrie oder energieerzeugende Industrien, für die CO<sub>2</sub>-Lizenzen zwingend sind. Solche Irreversibilitäten erzeugen erhebliche Risiken für das investierende Unternehmen und es wird daher versuchen, die Zeit bis zum Rückgewinn der versunkenen Kosten über den Marktprozeß (Amortisation) auch bei ungünstigen Bedingungen durchzuhalten. Dies kann es dem Unternehmen nahe legen, erhebliche Anstrengungen zu unternehmen, um Marktzutritte zu unterbinden, da sie das bisherige tragfähige Preissystem gefährden können. Die Möglichkeiten hierzu reichen vom Androhen von Preiskriegen gegenüber Eintrittswilligen bis zu „freundlichem Wettbewerb“ unter Marktsassen (BLUM, MÖNIUS 1997). Je höher die versunkenen Kosten liegen, desto geringer wird tendenziell die Zahl der Anbieter sein, woraus sich erneut relevante Folgen für das unternehmerische Wettbewerbsverhalten ergeben (DIXIT 1980; SUTTON 1991).<sup>2</sup> Die Entscheidung z.B. zwischen Investitionen in emissionsreduzierende Technologien und der Beschaffung von einer ausreichenden Anzahl von Zertifikaten, hängt somit nicht allein von der individuellen Einschätzung des unternehmensspezifischen Risikos, sondern gleichzeitig von den Möglichkeiten, die das zukünftige Marktverhalten des Unternehmens eröffnet, ab.

Aufgrund der „großtechnischen“ Natur der maßgeblichen CO<sub>2</sub>-Emittenten erhalten vor allem Oligopolmodelle eine wesentliche Bedeutung als Erklärungsansatz ihres Marktverhaltens. Hierbei spielen insbesondere der Mengenwettbewerb nach COURNOT und der Preiswettbewerb nach BERTRAND eine wichtige Rolle in der Analyse. Aufgrund der Besonderheit von Informationsasymmetrien in den hier zu betrachtenden Märkten greifen wir auf die Spieltheorie als Erklärung von Mechanismen und Ergebnissen zurück: Aus einem wiederholten Gefangen-Dilemma-Spiels können wir schließen, daß der Versuch, durch Preisunterbietung den Marktanteil auszuweiten, ein inferiores Ergebnis darstellt, und damit kooperative, „altruisti-

<sup>2</sup> Das besondere Marktverhalten (Amortisation durch wettbewerbsrelevante Maßnahmen zu erzwingen) ist hier dargestellt als Reflex der besonderen Marktstruktur (versunkene Kosten), die wiederum ein besonderes Marktverhalten bedingen. Dies ist nicht die einzig vorstellbare Wirkungskette: beispielsweise dreht die von SCHUMPETER (1912) begründete Innovationstheorie die Abfolge faktisch um (oder DEMSETZ 1973, 1974). Letztlich drückt sich im offenen Abfolgeproblem zwischen Marktstruktur, Marktverhalten und Marktergebnis eine bisher ungelöste konstitutionelle Unwissenheit aus (v. HAYEK 1945).

sche“ Verhaltensweisen – im evolutorischen, spieltheoretischen Sinne ein „tit-for-tat“ (TRIVERS 1971, AXELROD, HAMILTON 1981, BINMORE 1992) – erzeugt werden. Damit können stabile Gleichgewichte jenseits des totalen Preiskriegs und des monopolistischen Randes mit „Mutmaßungsgleichgewichten“ über die strategischen Reaktionen der anderen Spieler begründet werden (CORTS 1999 und BRESNAHAN 1981). Wenn sich durch das erhöhte Risikoprofil der CO<sub>2</sub>-Lizenzierung Kartelle bilden, dann sind diese um so stabiler, je geringer die Anzahl der Anbieter im relevanten Markt ist, weil i.d.R. die Transparenz zunimmt und das Risiko einer Bestrafung im Preiskrieg steigt (KÜHN 2001). Dabei spielt auch die Möglichkeit, in selektiven Märkten „Preisbrecher“ zu bestrafen, eine besondere Rolle (im Multimarktwettbewerb: BERNHEIM, WHINSTON 1990 mit dem Ergebnis einer regionalen „Wanderung“ der Preisänderungen).

Marktmacht im allgemeinen und Kartelle im speziellen werden aber begrenzt, wenn Anbieter nicht am „tit-for-tat“ teilhaben; dies gilt insbesondere dann, wenn strategische Importeure ohne lokal versunkene Kosten – oder im Extremfall CO<sub>2</sub>-Lizenzen – auf dem Markt auftreten (ROSENBAUM, READING 1988).

Darüber hinaus läßt eine latente Unterauslastung der Kapazitäten der Unternehmen in solchen Märkten in der strategischen Einschätzung der Wettbewerber die Kosten eines unfreundlichen Wettbewerbsverhaltens steigen und stabilisiert somit noch einmal Wohlfühlen. Allerdings sind die Unternehmen im Ablauf des Branchenzklus zwischen dem Erfordernis, eine kapitalmarktgerechte Rendite zu erzielen, und dem Zwang, die Produktion nicht unter ein Mindestniveau abfallen zu lassen, gefangen (SLADE 1990a). Da Preiskriege aber im Sinne der oben genannten „tit-for-tat“-Argumentation nicht anreizkompatibel sind, gewinnt das Hintergehen der Wettbewerber durch geheime Mehrproduktion oder heimliche Preissenkung dann an Attraktivität, wenn das Risiko der Bestrafung niedrig liegt, also in guten konjunkturellen Zeiten (SLADE 1990b).

Die hier einbezogene Risikodimension besitzt eine erhebliche Bedeutung für die Diskussion des wirtschaftlichen Vorteils. Wenn durch die Projektergebnisse Unternehmen ihr durch die CO<sub>2</sub>-Lizenzierung erhöhtes Risikoprofil gegenüber Mitbewerbern reduzieren können, dann kann dies einen strategischen Vorteil bedeuten, der zu dramatischen Kostenvorteilen bei der Finanzierung des Unternehmens führt. Damit verbessern sich Profitabilität und Rating des Unternehmens und erhöhen sich damit seine Investitionen.

Mit Blick auf die Identifizierung von Absprachen und anderen wettbewerbsbeschränkendem Verhalten von Unternehmen und Unternehmensgruppen kann Preisvolatilität nicht zwingend als Zeichen von intensivem Wettbewerb angenommen werden, wie WHITNEY (1958) zeigt, denn kolludierende Unternehmen können diese vereinbaren, um nicht aufzufallen. Wenn aber Unternehmen aus interner Sicht zu einer anderen Risikoeinschätzung kommen als externe Beobachter – weil eben das verringerte Risiko Folge eines Kartellvorteils ist – dann kann die längerfristige Rendite einer Branche wichtige Hinweise auf Absprachen liefern.

### 2.3 Finanzwirtschaft

Insbesondere vor dem Hintergrund der Knappheit an CO<sub>2</sub>-Lizenzen und der weiteren Reduktion dieser verfügbaren Lizenzmenge stehen die Unternehmen vor der Entscheidung, entweder in CO<sub>2</sub>-mindernde Technologien zu investieren (und dadurch den Bedarf an CO<sub>2</sub>-Zertifikaten absolut und dauerhaft zu senken), oder fehlende Zertifikate am Markt zu kaufen (beispielsweise für das Jahr 2005 werden theoretisch nur 97,65 % der Emissionsberechtigungen kostenlos vergeben). Dabei ist es zielführend, für die Entscheidungsfindung die Erfahrungen und Instrumentarien der Finanzwirtschaft heranzuziehen. So sind einerseits die Märkte für den Handel mit CO<sub>2</sub>-Zertifikaten beobachtbar und hinsichtlich ihrer Parallelen zu den etablierten Finanz- und Gütermärkten zu analysieren. Andererseits sind basierend auf den Informationen der Märkte und unter Berücksichtigung der Unsicherheit zukünftiger Entwicklungen die oben dargestellten Investitionsentscheidungen zu treffen.

CO<sub>2</sub>-Emissionsberechtigungen werden über Broker oder bilateral zwischen den Unternehmen gehandelt. Derzeit entstehen immer neue Handelsplattformen für CO<sub>2</sub>-Zertifikate, was auf die zunehmende Bedeutung des institutionellen Handels hinweist. POINT CARBON schätzte mit einem jährlichen Marktvolumen von 10 Mrd. € das EU Handelssystem als größten Umweltmarkt der Welt ein (POINT CARBON 2004). Ähnlich der Erfahrungen bereits bestehender Lizenzsysteme haben sich derivative Finanzinstrumente zur Absicherung von Preisrisiken bereits etabliert. Die Entwicklung der ersten Monate an den CO<sub>2</sub>-Börsen läßt ebenso spekulatives Handeln vermuten. Jedoch kann die Analogie zu bestehenden Märkten nur begrenzt Informationen liefern. Um den Handel strategisch zu fundieren, sind Überlegungen zu den signifikanten Parametern des zukünftigen CO<sub>2</sub>-Preises notwendig (GODAL 2003, BLANCO 2001).

Im Hinblick auf die zu treffende Investitionsentscheidung muß eine unternehmensindividuelle Bewertung der Handlungsmöglichkeiten die damit verbundenen Unsicherheiten berücksichtigen. So sind die Märkte für CO<sub>2</sub>-Berechtigungen und somit deren Preise noch nicht etabliert, die regulatorischen Rahmenbedingungen des Emissionshandels selbst mittelfristig ungeklärt und die Outputnachfrage unterliegt stochastischen Einflüssen. Preise und Kosten werden durch den CO<sub>2</sub>-Handel beeinflusst und auf Unternehmensebene sind dessen Opportunitätskosten zu berücksichtigen. Die Investitionsentscheidung ist unter Unsicherheit und Berücksichtigung der Handlungsflexibilität zu treffen: Es existieren mittlerweile verschiedene Ansätze zur Berücksichtigung von Unsicherheit auf Basis der traditionellen Verfahren. So wurden risikangepaßte Zinssätze eingeführt, ergänzend Sensitivitätsanalysen oder Risikoanalysen durchgeführt. Die Flexibilität des Managements kann explizit nicht berücksichtigt werden. Hingegen bildet das Entscheidungsbaumverfahren sowohl Unsicherheit als auch Flexibilität ab. Der Entscheidungsbaum ist eine komplexe Darstellung der Entscheidungs-, Ergebnis- und Zufallseignisknoten. Auf Basis der Investitionsausgaben, Rückflüsse und Eintrittswahrscheinlichkeiten der alternativen Zustände wird retrograd, oftmals basierend auf der Kapitalwertmethode, die optimale Alternative ermittelt. Die Praktikabilität dieses Verfahrens nimmt mit steigender Anzahl der Handlungsalternativen stark ab, der wesentliche Kritikpunkt ist jedoch in der notwendigen Bestimmung der zeit- und zustandsabhängigen Zahlungen bzw. Diskontierungsfaktoren zu sehen (MÜLLER 2004).



Die spezifischen Rahmenbedingungen der zugrundeliegenden Entscheidungssituation legen die Anwendung der Realoptionstheorie nahe (der Begriff der Realoption wurde bereits zu Beginn der 70iger Jahre von MYERS (1970) geprägt): Sie basiert auf der Theorie der Finanzoptionen und stellt auf die Analogie zwischen realen Investitionsentscheidungen und der Charakteristik von Finanzoptionen in Situationen unter Unsicherheit, Flexibilität und Irreversibilität ab. Entscheidungen über CO<sub>2</sub>-Anpassungsstrategien unter den Bedingungen eines Emissionshandelssystems erfüllen die konstituierenden Merkmale einer Realoption, die eine Bewertung mit Optionspreismodellen möglich macht:

- Das Unternehmen hat die Möglichkeit, aber nicht die Pflicht in CO<sub>2</sub>-mindernde Technologien zu investieren. (**Flexibilität**)
- Über den Kapitalwert bzw. die zugrundeliegenden Cash Flows des Investitionsprojektes besteht **Unsicherheit**, da die Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Preises unsicher ist.
- Die Ausübung des Rechtes bzw. die Durchführung der Investition ist mit Kosten verbunden, diese sind nicht reversibel, d. h. eine kurzfristige Rücknahme ist mit versunkenen Kosten verbunden, da Investitionen in CO<sub>2</sub>-Technologien hochspezifisch sind. (**Irreversibilität**)
- Es existiert ein **beobachtbarer Markt** für CO<sub>2</sub>-Zertifikate, die als reales **Basisinstrument** herangezogen werden. Darüber hinaus ist dessen Wertentwicklung über gehandelte Instrumente replizierbar.

Bedingen die ersten beiden Punkte, ob überhaupt reale Optionen vorliegen können, so sind die beiden letzten Punkte grundlegende Voraussetzung für die Anwendbarkeit optionspreistheoretischer Modelle. Der Realoptionsansatz hat sich insbesondere bei der Bewertung von Investitionen zur Extraktion natürlicher Ressourcen durchgesetzt. Neben der annähernd perfekten Korrelation zwischen Rohstoffpreis und Wert des Förderprojektes stellen aktuelle Warenmärkte zu jedem Zeitpunkt aktuelle Spot- und Derivatpreise zur Verfügung (HOMMEL, PRITSCH 1999). Mögliche Parallelen zum Emissionshandel sind untersuchenswert.

Modelle der finanzwirtschaftlichen Options-Preis-Theorie, wie z.B. das stetige Modell von BLACK und SCHOLES (1973) sowie MERTON (1973) sowie das diskrete Modell von COX, ROSS und RUBINSTEIN (1979), haben auch die wirtschaftswissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet der Realoptionen maßgeblich beeinflusst. Der Realoptionsansatz berücksichtigt neben der vorliegenden Unsicherheit auch die in vielen realen Entscheidungssituationen inhärente Flexibilität. Darüber hinaus können durch Bestimmung des optimalen Investitionszeitpunktes bei steigender Unsicherheit die erwarteten Rückflüsse gesteigert und das Verlustrisiko verringert werden (LUEHRMANN 1998a,b), es läßt sich so auch Investitionszurückhaltung bei Unsicherheit ableiten, die über den Aspekt der Risikoaversion deutlich hinaus geht (ODENING et al. 2005). Es existieren eine Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten zur Realoptionstheorie, die diese auf den SO<sub>2</sub>-Markt anwenden (INSLEY 2003), CO<sub>2</sub>-Reduktionen ohne Handelssystem untersuchen (BARANZINI 2003, BIRGE 1996, SANSTAD 1995, HASSETT 1992, ISIK 2004), explizit von einer volkswirtschaftlichen Perspektive ausgehen (DIEDEREN 2003, Übersicht in MÜLLER 2004) bzw. allgemein auf umweltökonomische Fragestellungen anwenden (JOU 2001, VENETSANOS 2002).

Nur wenige diskutieren die Anwendung der Realoptionstheorie bei einem bestehenden Handelssystem für CO<sub>2</sub>-Emissionsberechtigungen (PINDYCK 2000, SAPHORES, CARR 1998). Selten wurden die Betrachtungen wie bei DE JONG, WALET 2004 ausreichend weit auf die Unternehmensebene heruntergebrochen.

Eigene praktische Erfahrungen zeigen, daß nicht immer die Verfahren der Optionspreistheorie ob ihrer komplexen Zusammenhänge für die Bewertung realer Optionen Mittel der Wahl sein müssen. Es ist immer abzuwägen, ob beispielsweise Verfahren der Entscheidungsbaumanalyse oder sogar der traditionellen Investitionsrechenverfahren im individuellen Fall zur Entscheidungsfindung ausreichend sind. Diese praktischen Erwägungen sind auch aus theoretischer Sicht begründet, da unter identischen Annahmen Realoptionsansatz und Entscheidungsbaumverfahren identische quantitative Ergebnisse liefern (MÜLLER 2004) und der passive Kapitalwert sich als ein Spezialfall des Realoptionsansatzes interpretieren läßt (HOMMEL, PRITZSCH 1999a,b).

## 2.4 Risikomanagement

Im Rahmen des Risikomanagements ist zur Existenzsicherung eines Unternehmens die Betrachtung von Risiken, die sich aus dem Bedarf an CO<sub>2</sub>-Lizenzen ergeben, erforderlich. Dabei wird der Begriff „Risiko“ im wirtschaftswissenschaftlichen Schrifttum nicht einheitlich verwendet. Es wird zwischen zwei unterschiedlichen Begriffsinhalten unterschieden:

- Einem verlustbezogenen, der das Risiko als eine Gefahr für das Mißlingen einer bestimmten Leistung beziehungsweise als Wirkung einer Schadensmöglichkeit interpretiert und
- einem abweichungsbezogenen, der das Risiko als ein Maß für die Schwankungen einer Größe um einen Erwartungswert erklärt, wobei eine größere Schwankung auf ein größeres Risiko hindeutet. (RÜSBERG 1992)

Das geplante Vorhaben folgt der verlustbezogenen Definition und versteht Risiko im folgenden als einen möglichen Schaden, der sich aus der Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklungen von Risikofaktoren, für ein Unternehmen als Risikoträger, ergibt (DEUTSCH 2001). Der Schaden soll dabei als eine monetäre Größe abgebildet werden. Das Risiko ist weiterhin dadurch zu charakterisieren, daß unbekannt ist, welcher von verschiedenen Umweltzuständen beziehungsweise welches Schadensszenario eintreten wird. Es kann jedoch jedem Zustand eine Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet werden.

Das Risikomanagement befaßte sich in seiner ursprünglichen Bedeutung schwerpunktmäßig mit versicherbaren Risiken und der Frage, wie diese durch Versicherungen abgedeckt werden sollen (BIERMANN 1998). Inzwischen hat der Begriff jedoch eine umfassendere Bedeutung erlangt. Generelles Risikomanagement heißt, daß im Rahmen der Unternehmensführung alle Risiken, also auch Risiken, die sich aus CO<sub>2</sub>-Lizenzen ergeben, zu erkennen, zu bewerten und zu beherrschen sind. Durch die integrative Offenlegung und Berücksichtigung möglichst vieler Risikoquellen soll das Unternehmen vor potentiellen Vermögensverlusten geschützt und auf diese Weise seine Überlebensfähigkeit gesichert werden (MERBECKS 1995). Die Aufgabe des Risikomanagements läßt sich in zwei Kernbereiche unterscheiden. Dabei handelt es sich zum einen um die Risikobewertung und zum anderen um die Risikosteuerung.

Eine informatorische Voraussetzung zur Risikobewertung stellt dabei die Verwendung von Analysen, Prognosen und Risikoszenarien dar. Zur Bestimmung des Risikos eines Unternehmens werden gemäß heutigem Wissenstands die folgenden Fragen als relevant erachtet (GLEIBNER 2000a,b).

- Welche Faktoren bedrohen die Erfolgspotentiale und damit den künftigen Erfolg?
- Welches Performancemaß, das Ertrag und Risiko abwägt, findet Verwendung?
- Welche Eigenkapitalausstattung bzw. welche Liquiditätsverfügbarkeit ist für die erkannten Risiken als „Risikodeckungspotential“ notwendig?
- Welche Risiken sollte das Unternehmen selbst tragen?

Es ist demnach erforderlich in einem ersten Schritt abzuschätzen, welche Gefahren die strategischen Erfolgspotentiale und damit den künftigen Unternehmenserfolg bedrohen. Forschung und empirische Analysen haben gezeigt, daß die Erfolgspotentiale einer Unternehmung primär durch Kernkompetenzen des Unternehmens und Wettbewerbsfaktoren bestimmt werden (BLUM, LEIBBRAND, GLEIBNER 2004).

- Kernkompetenzen stellen Determinanten künftiger Erfolge dar und sichern damit die langfristige Überlebensfähigkeit eines Betriebes. Diese Kompetenzen sind in der Regel an das Humankapital bzw. an die interne Organisationsstruktur eines Unternehmens gebunden. Sind sie gefährdet, kann folglich das gesamte Unternehmen zur Disposition stehen. Kernkompetenzen sind vor dem Hintergrund der strategischen Ausrichtung des Unternehmens und des Wettbewerbsumfelds, das eine Erosion dieser Vorteile bewirken kann, zu sehen. Durch die CO<sub>2</sub>-Lizenzen ändert sich das Kompetenzumfeld des Unternehmens. Angesichts von Unwägbarkeiten, z. B. im Absatzprogramm oder beim CO<sub>2</sub>-Preis, ist es gezwungen, Fähigkeiten auf die Frage zu konzentrieren, CO<sub>2</sub>-Lizenzen in „richtiger“ Menge vorzuhalten. Für den Fall, daß nicht genügend CO<sub>2</sub>-Lizenzen nachgewiesen werden können, drohen (sichere) Sanktionen und fehlende Lizenzen müssen (zu einem unsicheren Preis) nachgereicht werden.
- Wettbewerbsfaktoren stammen aus der strategischen Unternehmenstheorie (PORTER 1999) und befassen sich mit dem Unternehmen und seinem Umfeld im Hinblick auf Wettbewerbskräfte, Trends und Marktpotentiale. Entsprechende strategische Risiken ergeben sich damit vor allen Dingen aus veränderten Umfeldbedingungen, die die eigenen Wettbewerbsvorteile bedrohen. Ein wichtiges Beispiel ist der Eintritt neuer Wettbewerber mit verbesserten Emissionstechnologien bzw. entsprechender technischer Fortschritt, den Konkurrenten vor einem selbst nutzen. Der Bedarf dieser Wettbewerber an CO<sub>2</sub>-Lizenzen verringert sich und im Zuge dessen deren Risiken infolge von Preisschwankungen am Zertifikatemarkt.

Es stellt sich die Frage, wie das Risiko gemessen werden kann. Zentrales und weitverbreitetes Maß (HOMBURG, STEPHAN 2004) für die Höhe eines Risikos ist dabei der „*value at risk*“ (VaR) sowie daraus abgeleitet, das „*risk adjusted capital*“ (RaC), also der risikobedingte Eigenkapitalbedarf.

- Der *value at risk* stellt denjenigen Verlust dar, der innerhalb eines zu betrachtenden Zeitraums mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit, beispielsweise 95% oder 99%, nicht überschritten wird. Er beschreibt demnach den Quantilswert einer Schadensverteilung. Wird also beispielsweise der *value at risk* für eine Wahrscheinlichkeit von 99% für ein risikobehaftetes Ereignis ermittelt, dann ist nur mit 1%iger Restwahrscheinlichkeit von einem Schaden auszugehen, der den berechneten Betrag noch übersteigt (LINSMEIER, PEARSON 1996). Das heißt, daß mit sinkender Restwahrscheinlichkeit, also mit Erhöhung des Konfidenzniveaus, der Betrag des *VaR* steigt. Das liegt daran, daß größere Schäden üblicherweise eine geringere Eintrittswahrscheinlichkeit aufweisen. Der *VaR* kann als die Differenz aus dem Erwartungswert (bspw. dem erwarteten Gewinn eines Unternehmens) und den für eine bestimmte Wahrscheinlichkeit ermittelten Schaden dargestellt werden (Vgl. Abbildung 3). Die Berechnung des *VaR* erfolgt betriebsabhängig, weil Unternehmen in verschiedenen Betriebsstätten unterschiedliche Technologien einsetzen, beispielsweise verschiedene – wenn überhaupt – Sekundärbrennstoffe im Fall der Klinkererzeugung verwenden.
- Alternativ zum *VaR* kann das *risk adjusted capital* angegeben werden. Dieses sagt aus, welcher Betrag des Eigenkapitals durch ein spezifisches Risiko gefährdet ist. Es stellt demnach den um den Erwartungswert bereinigten *VaR* dar, also den Verlust, der tatsächlich zu einer Nettovermögensänderung führt. Geht also beispielsweise ein Unternehmen von einem Gewinn in Höhe von 10.000 Euro für das kommende Jahr aus (Erwartungswert) und wurde bei einer Risikoanalyse festgestellt, daß die Unternehmensrisiken mit 99%iger Wahrscheinlichkeit einen Schaden von 25.000 Euro ( $VaR_{99\%}$ ) nicht übersteigen, dann muß dieses Unternehmen Eigenkapital in Höhe von  $(25.000 - 10.000 =) 15.000$  Euro ( $RaC_{99\%}$ ) als „Risikodeckungspotential“ vorhalten. Das heißt, daß mit einer geringeren als einer 1%igen Wahrscheinlichkeit ein Schaden eintritt, für den eine Eigenkapitalausstattung in Höhe von 15.000 Euro als Risikopuffer nicht ausreicht. Der Zusammenhang der beiden Risikomaße wird in Abbildung 2 dargestellt.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Die Ergebnisse einer beispielhaften Simulation für den Gewinn sind aufgetragen; der mittlere Gewinn wäre 25.000 € das Eigenkapital von 125.000 € würde gerade ausreichen für eine Absicherung auf dem 1%-Niveaus – was eine Insolvenzwahrscheinlichkeit von 1% impliziert.

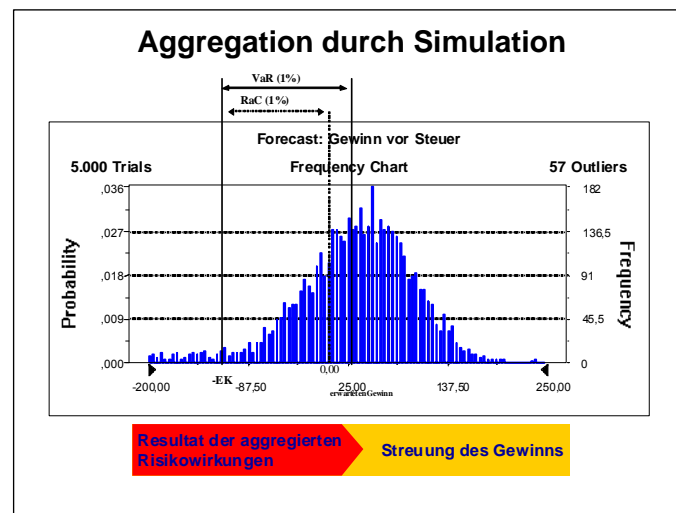


Abbildung 2: Value at Risk und Risk adjusted Capital

Ein zentrales Problem bei der Messung von Risiken ist darin zu sehen, daß sie durch Dichtefunktion beschrieben werden müssen, also die Form der Verteilung durch Mittelwert, Streuung, Schiefe usw. zu determinieren ist. Risiken treten in verschiedenen Formen im Unternehmen und seinem Umfeld auf (bspw. Risiken im Mitarbeiterbereich, Forderungsausfallrisiken, Risiken aus CO<sub>2</sub>-Lizenzen etc.). Dabei ist zu beachten, daß es für das Managen von Risiken erforderlich ist, diese als Gesamtheit zu betrachten.

Es sind zunächst für alle wesentlichen Unternehmensrisiken die zugrundeliegenden Dichtefunktionen zu bestimmen und auf dieser Grundlage ist dann das Gesamtrisiko zu ermitteln. Hierbei ist zu beachten, daß eine einfache mathematisch-analytische Aggregation (z. B. Varianz-Kovarianz-Ansatz) meist geschlossen nicht möglich ist. Das heißt, wenn ermittelt werden soll, wie hoch das „Risikodeckungspotential“ im Unternehmen sein muß, um für alle Risiken einen adäquaten Puffer zur Verfügung zu stellen, bietet es sich an, ein Unternehmensmodell aufzubauen, das alle wesentlichen Risikokategorien enthält und es erlaubt, mit Hilfe von Simulationen die wechselseitige Interdependenz der Risiken mit hinreichender Genauigkeit darzustellen.

Aus diesem Unternehmensmodell lassen sich dann Rückschlüsse auf den Einfluß eines einzelnen Risikos auf das Gesamtrisiko des Unternehmens ziehen, also darauf, ob eine Risikokategorie als ein Kernrisiko des Unternehmens zu betrachten ist. Dies wird ermöglicht, indem die Simulation des Unternehmensrisikos einmal inklusive und einmal exklusive der zu betrachtenden Risikokategorie erfolgt. Aus der Differenz lassen sich dann Rückschlüsse auf den Einfluß dieser Risikokategorie auf den VaR bzw. RaC des gesamten Unternehmens ziehen. Das heißt, erst die Betrachtung einer einzelnen Risikokategorie im Kontext zum gesamten Risikoportfolio eines Unternehmens läßt Rückschlüsse auf den zur Risikodeckung des Einzelrisikos notwendigen Eigenkapitalbedarf zu.

Nach der Bewertung des Risikoprofils eines Unternehmens ist zu entscheiden, wie die ermittelten Risiken zu bewältigen sind. Hierbei ist zu diskutieren, welche Risiken das Unternehmen selbst tragen kann bzw. für welche Risiken andere Steuerungsmöglichkeiten Verwendung finden sollten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Risikoeinstellung und die Zukunftserwartungen des Managements einen nicht unerheblichen Einfluß auf die zu treffenden Entschei-

dungen bezüglich der Art und des Umfangs der Risikosteuerung haben. Aus empirischer und wirtschafts- bzw. unternehmenspolitischer Sicht sind folgende Steuerungsmöglichkeiten (die auch im Bereich der betrieblichen Umweltökonomie Anwendung finden, MEFFERT, KIRCHGEORG 1998) der zu nennen:

- die Risikovermeidung durch Suche eines stabileren Umfeldes (beispielsweise durch den Ausstieg aus einem vom CO<sub>2</sub>-Handel betroffenen Geschäftsfeld),
- die Risikoreduktion durch Verringerung der Abhängigkeiten von kritischen Faktoren (durch ursachengerechte Verminderung von Eintrittswahrscheinlichkeiten, beispielsweise durch Investition in CO<sub>2</sub>-mindernde Technologien),
- die Risikokontrolle durch Integration (vertikal, horizontal) des unsicheren Umfeldes (beispielsweise durch Aufkauf eines Fleischproduzenten und damit Sicherung des CO<sub>2</sub>-neutralen Sekundärbrennstoffs Tiermehl)
- Überwälzen von Risiken (beispielsweise durch das Halten von Derivaten für CO<sub>2</sub>-Lizenzen oder durch Begrenzung von Schadenshöhen durch *Outsourcing*),
- das Tragen von Risiken, d. h. deren Antizipation durch Sicherstellung eines entsprechenden Risikodeckungspotentials mittels Eigenkapital und Liquidität (vgl. u.a. GLEIBNER 2001),
- der Aufbau von Handlungsspielräumen im Sinne flexibler Produktionsbedingungen (beispielsweise durch Aufbau von Produktionsanlagen, die verschiedene Brennstoffe verarbeiten und somit in Abhängigkeit vom CO<sub>2</sub>-Preis unterschiedlich betrieben werden können (MEISE 1998)).

Die Kosten eines Risikomanagements sowie die Kosten der Risikostrategien müssen in einem ausgewogenen Verhältnis zu den Kosten des Risikos (z.B. Kapitalbindungskosten für das als Risikopuffer bereitgestellte Eigenkapital) stehen.

### **3 Geplante Forschungsarbeiten und Arbeitsprogramm**

#### **3.1 Beschreibung der Arbeitspakete**

Das Vorgehen innerhalb der ersten vier Arbeitspakete wird von den Grundgedanken der Szenarioanalyse (bzw. –methode) bestimmt, die eine explizite Berücksichtigung der Entwicklung zukünftiger Umfeldsituationen bei der Prognose unternehmensbezogener Größen (Risiko, Wert der Realoption) vorsieht. Szenarien beschreiben verschiedene, in sich geschlossene Zukunftsbilder. Es wird davon ausgegangen, daß die gegenwärtige Umfeldsituation sich zwar nicht kurzfristig ändert, sich jedoch mit zunehmendem Betrachtungshorizont deren Einfluß verringert und somit ein zunehmendes Spektrum möglicher Entwicklungen auftritt. Um einen rationalen Problemzugang zu ermöglichen und eine praxisnahe Herangehensweise zu sichern werden aus dem weiten Spektrum zukünftiger Entwicklungen rationale Szenarien ausgewählt.

Auf der unternehmerischen Ebene schließt sich die quantitative Bestimmung des individuellen Risikos an. Ausgehend vom heutigen Zeitpunkt werden die Kosten des unternehmerischen Risikos unter expliziter Berücksichtigung der CO<sub>2</sub>-Lizenzierung ermittelt. Die Kosten des CO<sub>2</sub>-Risikos und dessen relative Bedeutung im unternehmerischen Risikoportfolio offenbaren potentiellen Handlungsbedarf. Mögliche Handlungsalternativen werden hinsichtlich ihrer Eignung als Anpassungsstrategien untersucht und bewertet. Unter den Voraussetzungen der ausgewählten rationalen Szenarien werden Risikoring und Bewertung der Anpassungsmaßnahmen in einem Entscheidungsmodell kombiniert, das die Unternehmen bei der Auswahl einer optimalen Anpassungsstrategie unterstützt. Das Modell wird zu einer Software für den Einsatz in der Praxis weiterentwickelt. Software und Modell werden einer empirischen Prüfung unterzogen. Einer abschließenden Diskussion der Ergebnisse folgend werden generelle unternehmenspolitische Empfehlungen abgeleitet sowie richtungsweisende wirtschaftspolitische Aussagen zusammengefaßt.

Die Arbeitspakete werden im Wesentlichen durch die Verbundpartner TU Dresden und IWH Halle ausgeführt. Die Bearbeitung der rechtlichen Fragestellungen soll als Unterauftrag an Prof. Winfried Kluth, Inhaber des Lehrstuhls für Öffentliches Recht an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg vergeben werden. Ein weiterer Unterauftrag ist für die EDV-technische Umsetzung der zu entwickelnden Software vorgesehen. Hierfür kann zum jetzigen Zeitpunkt noch kein konkreter Auftragnehmer benannt werden. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über den Arbeitsplan und enthält nachfolgend eine detaillierte Aufführung der Arbeitspakete und Teilschritte.

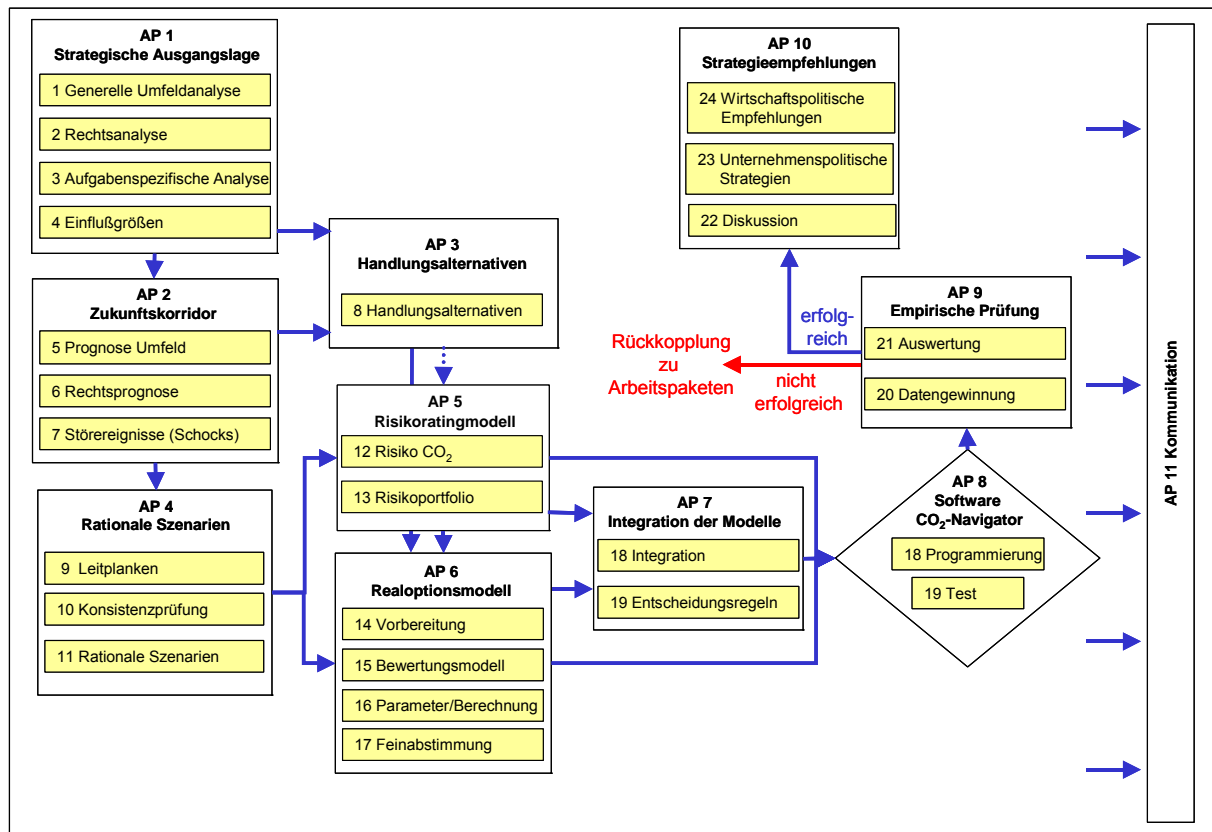


Abbildung 3: Arbeitsplan



**3.1.1 Arbeitspaket 1: Strategische Ausgangslage der Unternehmen****Beteiligte Verbundpartner:** IWH, TUD, MLU**Beginn:** 12/06**Ende:** 04/07**Arbeitsbeschreibung**

**Schritt 1 - Generelle Umfeldanalyse:** Als erstes erfolgt eine Analyse des generellen Makroumfeldes der Unternehmen. Darunter werden die generellen Bedingungen in einem geographischen Raum, die für eine größere Anzahl von Unternehmen mit unterschiedlichen Sachzielen gelten und die die Möglichkeiten der Umsetzung unternehmerischer Entscheidungen beeinflussen, verstanden. Dies sind die gesellschaftlichen, technologischen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen. Hierzu zählen u. a. die ersten Erfahrungen des Emissionshandels einschließlich der bisherigen Preisentwicklung, die kurz-, mittel- und langfristigen technologischen Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-Minderung bzw. Möglichkeiten des CO<sub>2</sub>-Handels und damit verbundene Kosten. Zur Gewinnung der benötigten Informationen werden Literatur- und Datenrecherchen durchgeführt und Experten mit einem unternehmensübergreifenden Background (z. B. SMUL, BDI, Branchenverbände) befragt.

**Schritt 2 - Rechtsanalyse:** Ein vor dem Hintergrund des Forschungsgegenstandes besonderer Schritt bei der Analyse des Makroumfeldes ist die Bestimmung des rechtlichen Rahmens. Dieser umfaßt den ersten Teil der zu beauftragenden Rechtsanalyse, weshalb zur organisatorischen Vereinfachung ein gesonderter Arbeitsschritt vorgesehen ist. Hierbei sind Schnittstellen zu rechtlichen Fragestellungen zu berücksichtigen. Bei den grundsätzlichen Fragen wird die verfassungsrechtliche Einordnung der Einführung einer Pflicht zum Nachweis von Emissionsberechtigungen ebenso untersucht wie die verfassungsrechtlichen Anforderungen an die Ausgestaltung der Zuteilungsregelungen. Bei den Einzelfragen wird der Ausgestaltung der Verhaltenspflichten und Gestaltungsoptionen der Unternehmen im Rahmen des Treibhausgasemissionshandelsgesetzes sowie des Zuteilungsgesetzes für die erste Handelsperiode nachgegangen. Gegenstand und Reichweite der einzelnen Informations- und Verhaltenspflichten und die mit ihnen verbundenen Sanktionen werden ebenso untersucht, wie die Beurteilung der Erweiterung von bestehenden Anlagen und der Errichtung von Neuanlagen. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei auch den rechtlichen Rahmenbedingungen des Handels mit Emissionsberechtigungen geschenkt.

**Schritt 3 - Aufgabenspezifische Analyse:** Analog zur Beschreibung des Makroumfeldes schließt sich die Charakterisierung des aufgabenspezifischen Umfeldes der ausgewählten Branchen Energieumwandlung und –umformung und mineralverarbeitende Industrie an. Die Analyse folgt dem Branchenstrukturmodell nach PORTER. Die Verhältnisse zwischen Wettbewerbern, zu Abnehmern und Lieferanten, die Bedrohung durch potentielle neue Konkurrenten sowie durch möglichen Ersatzprodukte oder –dienste werden analysiert. Aus Sicht des Unternehmens beeinflusst die Branche in starkem Maße die Spielregeln des Wettbewerbs und folglich die Handlungsmöglichkeiten, die dem Unternehmen potentiell zur Verfügung stehen.

Ebenso wird die aktuelle Position im Zertifikatehandel bestimmt und eruiert, ob bereits Änderungen im Entscheidungsverhalten aufgrund der CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu verzeichnen sind (z. B. kurzfristige Modifizierung des Brennstoffeinsatzes oder verändertes Investitionsverhalten). Neben eigenen Recherchen werden mit den Kooperationspartnern Experteninterviews durchgeführt.

**Schritt 4 - Festlegung der Einflußgrößen:** Basierend auf der Analyse des aufgabenspezifischen Umfeldes sowie des Makroumfeldes wird ein überschaubares Set von Meßgrößen festgelegt, die Determinanten der zu bildenden Szenarien sind. Dies sind Indikatoren für das unternehmerische Umfeld, d. h. die exogen vorgegebenen Einflußfaktoren die als kritisch für die zukünftige Entwicklung der Unternehmen eingeschätzt werden. Hierzu zählen beispielsweise Wirtschaftswachstum, CO<sub>2</sub>-Zertifikatepreis, Gesamtzertifikatmenge.

**3.1.2 Arbeitspaket 2: Projektion eines Zukunftskorridors****Beteiligte Verbundpartner:** IWH, TUD, MLU**Beginn:** 05/07**Ende:** 09/07**Arbeitsbeschreibung**

**Schritt 5 - Prognose des Umfeldes:** Zur Beschreibung der zukünftigen Entwicklung wird für die in Arbeitspaket 1 festgelegten Indikatoren, insofern diese einer Änderung in der Zeit unterliegen, ein Trend ermittelt und dieser als Punktschätzungen eines Erwartungswertes oder als Verteilungsfunktion (Trendkorridor) approximiert. Es werden die Konjunkturprognosen sowie die Vorausschau sektoraler Entwicklungen der Produktion und ausgewählter Nachfragekomponenten, die am IWH vorgenommen werden, herangezogen. Ebenso planen die Antragsteller eine Zusammenarbeit mit der vom BMBF eingerichteten Service Gruppe Anpassung am Max-Planck-Institut für Meteorologie. Neben der Nutzung klimarelevanter Daten ist die Verwendung einheitlicher Grundannahmen, beispielsweise über die zu verwendenden IPCC-Szenarios, vordergründiges Anliegen dieser Zusammenarbeit. Es werden weiterhin Daten- und Literaturrecherchen durchgeführt, die speziell für die Prognose des aufgabenspezifischen Umfeldes, beispielsweise über antizipierte Wirkungen auf die Wettbewerbs- und Marktstruktur, durch Expertenbefragungen ergänzt.

**Schritt 6 - Rechtsprognose:** Die Prognose des rechtlichen Rahmens gliedert sich wiederum inhaltlich in die Prognose des Umfeldes ein, wird jedoch organisatorisch getrennt. Sie bezieht sich auf die Analyse der Indikatoren, die aus rechtlicher Perspektive künftige Entwicklungen bestimmen können. Dabei ist zwischen der Weiterentwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen selbst, etwa durch die Erweiterung des Emissionshandels von der Ebene der Mitgliedsstaaten auf die Binnenmarktebene, und den rechtlichen Voraussetzungen für alternative Verhaltensstrategien, insbesondere Umgehungsstrategien, zu unterscheiden. Zudem sind die gesellschafts- und haftungsrechtlichen Anforderungen, die mit dem Emissionshandelssystem verbunden sein können, zu analysieren. Im Einzelnen ist zu klären, unter welchen rechtlichen Voraussetzungen CO<sub>2</sub> abgeschieden und unter Tage oder am Meeresgrund gelagert werden kann, um der Einbeziehung in das Emissionshandelssystem zu entgehen und wie sich der Emissionshandel auf das Wettbewerbsverhältnis auswirkt. Weiter ist zu prüfen, welche Gestaltungsmöglichkeiten innerhalb des Emissionshandelssystems bestehen und wie Fehlentscheidungen des Managements in diesem Bereich haftungsrechtlich sanktioniert sind. Schließlich ist zu klären, inwieweit eine Erweiterung des Emissionshandelssystems auf andere Personengruppen zu erwarten ist und welche Rückwirkungen für die Unternehmen damit verbunden sein könnten.

**Schritt 7 - Störereignisse:** Neben den prognostizierbaren Entwicklungen können auch über das vorhersehbare Maß hinausgehende Ereignisse auftreten. Dann liegt keine allmähliche, kontinuierliche Unsicherheit mehr vor, wie dies im Rahmen der Trendanalyse darstellbar wäre, sondern plötzliche Sprünge bzw. exogene Schocks. Solche Instabilitäten können durch politische oder wirtschaftliche Krisen sowie Umweltkatastrophen hervorgerufen werden. Die Bedeutung solcher Störereignisse liegt vor allem in ihrem besonders hohen Schadenspotential. Anhand von Recherchen und Experteninterviews werden hypothetische Krisenszenarien, wie sie im Zuge eines fortschreitenden Klimawandels denkbar sind, bestimmt. Die Berücksichtigung dieser Störereignisse wird zu einem späteren Zeitpunkt zur Verifizierung der getroffenen Entscheidungen herangezogen und soll verdeutlichen, in welchem Maße die Sicherung einer angemessenen Flexibilität erfolgen muß.

**3.1.3 Arbeitspaket 3: Übersicht der Handlungsalternativen****Beteiligte Verbundpartner:** IWH, TUD**Beginn:** 12/06**Ende:** 09/07**Arbeitsbeschreibung**

**Schritt 8** - Parallel zu den beiden ersten Arbeitspaketen findet die Identifizierung und Strukturierung der möglichen Handlungsalternativen der Unternehmen statt. Aus diesen Handlungsmöglichkeiten wird in AP 7 die optimale Anpassungsstrategie ausgewählt. Es wird eine Matrix entworfen, die unter den Gesichtspunkten der folgenden Bewertung und Entscheidung eine Strukturierung der Handlungsoptionen vornimmt. So kann beispielsweise eine solche Zuordnung im Hinblick auf Anpassungsgegenstand (Zertifikatmenge, Produktionsmenge, spezifische CO<sub>2</sub>-Emission), Zeithorizont (kurz-, mittel- und langfristig), Flexibilitätsgrad (flexibel, teilweise flexibel, irreversibel), Art der Risikosteuerung (Vermeiden, Tragen, Überwälzen) sowie erforderlicher Bedingungen (verfügbare Technologie, Struktur des Marktes, erforderlicher Rechtsrahmens) erfolgen. Synchron zum Fortgang der beiden ersten Arbeitspakete wird die Übersicht basierend auf den generellen und aufgabenspezifischen Umfeldbedingungen sowie den prognostizierten Entwicklungen immer weiter detailliert und ausgebaut. Bei der Zusammenstellung wird noch keine Wertung hinsichtlich der Durchführbarkeit einzelner Alternativen getroffen. Es werden lediglich die Rahmenbedingungen eines möglichen Einsatzes wertfrei dokumentiert. Eine möglichst umfassende Auflistung, die nachfolgend bei der Auswahl möglicher Strategien herangezogen wird, soll gewährleisten, daß einseitige, durch „Framing“ der Entscheidungsträger hervorgerufene suboptimale Strategieentscheidungen erfolgt.

### 3.1.4 Arbeitspaket 4: Aufstellung rationaler Szenarien

**Beteiligte Verbundpartner:** IWH, TUD

**Beginn:** 06/07

**Ende:** 17/07

#### Arbeitsbeschreibung

**Schritt 9 - Vorgabe von Leitplanken:** Ziel dieses Arbeitspaketes ist, aus der Vielzahl möglicher Szenarien eine überschaubare Anzahl konsistenter, rationaler Szenarien auszuwählen. Bei der Auswahl der Szenarien wird heuristisch vorgegangen, es erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit den Experten und Kooperationspartnern. Zuerst wird abgewogen, welche der Einflußgrößen durch eine Punktschätzung (soweit sie nicht schon als solche vorliegen), d. h. ihren Erwartungswert ausreichend beschrieben sind. Es besteht weiterhin die Möglichkeit für Einflußgrößen untere und obere Leitplanken zu bestimmen und unter Berücksichtigung des Modalwertes worst-case-best case Szenarios zu definieren. Eine Ausnahme von dieser Vorgehensweise bildet selbstverständlich die Einflußgröße Marktpreis CO<sub>2</sub>. Deren Wertentwicklung und Volatilität ist Grundlage nachfolgender Analysen und demzufolge so detailliert als möglich zu beschreiben. Allerdings ist es gerade eine Besonderheit der vorgeschlagenen Bewertungsverfahren, mehrere stochastische Größen einzubeziehen. Eine Abwägung zwischen theoretisch Möglichem und in der Praxis Tauglichem muß erfolgen.

**Schritt 10 - Konsistenzprüfung der Szenarien:** Unter der Annahme, daß nicht alle Einflußgrößen durch eine exakte Punktschätzung beschrieben werden, ergibt sich aus der Verknüpfung der Einflußgrößen eine Menge formal möglicher Szenarien. Ein Szenario läßt sich dabei als eine Matrix darstellen, deren Zeilen die Einflußgrößen und deren Spalten die betrachteten Zeitpunkte beinhalten. Der erste Schritt beinhaltet eine Konsistenzbewertung, in deren Zuge eine Prüfung der formal möglichen Szenarien hinsichtlich ihres logischen Gehalts, d. h. ihrer inhaltlichen Plausibilität durchgeführt wird. Weiterhin sind die berechneten Szenarien hinsichtlich möglicher Interdependenzen der Einflußgrößen zu analysieren.

**Schritt 11 - Ableitung rationaler Szenarien:** Um einen verständlichen Problemzugang zu gewährleisten und eine „Kaskadierung von irrationalen Entscheidungen“ zu unterbinden, wird die Auswahl von 5 rationalen Szenarien (ohne Störereignisse) für die weiteren Untersuchungen angestrebt. Bei der Auswahl der Szenarien in Abstimmung mit den Experten wird ein möglichst repräsentativer Überblick des rationalen Entwicklungskorridors angestrebt. Die Festlegung der Szenarien wird sorgfältig begründet und dokumentiert. Eine Betrachtung des Einflusses von Störereignissen erfolgt zusätzlich.

**3.1.5 Arbeitspaket 5: Modellkomponente Risikobewertung****Beteiligte Verbundpartner:** IWH**Beginn:** 02/07**Ende:** 01/08**Arbeitsbeschreibung**

**Schritt 12 - Entwicklung eines Modells zur Quantifizierung des CO<sub>2</sub>-Risikos:** In Abhängigkeit von den in Arbeitspaket 2 ermittelten Zukunftserwartungen wird ein Modell entwickelt, welches es Unternehmen ermöglicht, ihr CO<sub>2</sub>-Risiko zum Zeitpunkt  $t_0$  zu quantifizieren. Hierzu ist es erforderlich, die Ertragswirkung des CO<sub>2</sub>-Risikos in Abhängigkeit der den Prognosen inhärenten Unsicherheiten abzubilden. Das heißt, es wird auf Grundlage der in Schritt 5 ermittelten Verteilungsfunktionen und der in Schritt 6 festgestellten möglichen rechtlichen Prognoseunsicherheiten eine Simulation der künftigen Entwicklungen des Unternehmensumfeldes und der sich daraus ergebenden, CO<sub>2</sub>-bedingten Zahlungsströme ermöglicht.

**Schritt 13 - Berücksichtigung der Komponente CO<sub>2</sub> im Risikoportfolio des Unternehmens:** Das bereits am IWH vorhandenes Modell zum unternehmensorientierten Risikoring wird um die Komponente CO<sub>2</sub> erweitert. Als Grundlage dient das im vorangegangenen Schritt entwickelte Modell zur Bewertung des CO<sub>2</sub>-Risikos. Durch die Berücksichtigung des CO<sub>2</sub> im Risikoportfolio eines Unternehmens wird dieses in die Lage versetzt, die Bedeutung der Komponente CO<sub>2</sub> für das Unternehmen abzuschätzen und die aus diesem Risiko erwachsenden Kosten zu ermitteln. Diese Kosten fließen in die Bewertung der Anpassungsstrategien ein und stellen damit eine Voraussetzung für das weitere Vorgehen dar. Darüber hinaus wird die relative Bedeutung des CO<sub>2</sub>-Risikos im unternehmerischen Risikoportfolio bestimmt.

### 3.1.6 Arbeitspaket 6: Modellkomponente Bewertung der Anpassungsstrategien

**Beteiligte Verbundpartner:** TUD

**Beginn:** 02/07

**Ende:** 01/08

#### Arbeitsbeschreibung

**Schritt 14 - Vorbereitung der Modellierung:** In Abhängigkeit der Szenarien werden die relevanten Handlungsalternativen ausgewählt. Es ist zu prüfen, ob diesen Handlungsalternativen reale Optionen inhärent sind bzw. deren Aufbau denkbar ist. Es sind die spezifischen Optionsrechte (Verzögerungs-/Warteoption, Abbruchoption, Abbruch- und Wiedereröffnungsoption, Schließungsoption, Verlängerungsoption, Erweiterungs-/Einschränkungsoption, Umstellungsoption, Innovationsoption, zusammengesetzte Optionen, Regenbogenoptionen) zu bestimmen, die Berücksichtigung finden sollen. Aus Sicht der Praxis empfiehlt sich eine Beschränkung auf die wesentlichen Realoptionen. Außerdem wird die Erfüllung der notwendigen Voraussetzungen für den Einsatz optionspreistheoretischer Modelle kontrolliert. An dieser Stelle ist eine Sollbruchstelle vorgesehen, d. h. ob überhaupt optionspreistheoretische Verfahren relevant sind oder klassische kapitelwertbasierte Verfahren (mit Monte-Carlo-Analyse) genügen. So soll die Praxistauglichkeit des Modells sichergestellt werden.

**Schritt 15 - Entwicklung des Bewertungsmodells:** Ist die Entscheidung für die Anwendung eines Optionspreisverfahren gefallen, ist das konkrete Modell auszuwählen. Ausgehend von der Vielzahl von Ansätzen werden die Modelle von SCHWARTZ (2004) und INSLEY (2003) für die weitere Arbeit als theoretische Basis des Realoptionsmodells analysiert. Das erste Modell bezieht sich ursprünglich auf die Bewertung von Patenten und Lizenzen, stellt jedoch einen grundlegenden Ansatz dar. Der Aufsatz von INSLEY wendet, basierend auf den Daten des CLEAN AIR ACT, den Realoptionsansatz auf die Entscheidung eines Unternehmens über die Investition in emissionsmindernde Technologien unter den Bedingungen einer langen Bauzeit und der Möglichkeit, den Bau zeitweise oder permanent zu unterbrechen an. Im Gegensatz zu SCHWARTZ wird hier ein diskreter Ansatz verfolgt. Im Hinblick auf den geplanten Einsatz des Modells in Unternehmen und die Umsetzung in einer MS Excel-basierten Software wird in unserem Vorhaben eine numerische Lösung angestrebt. Etwaige Genauigkeitsverluste werden durch den Vorteil geringerer mathematischer Komplexität und einer breiteren Anwendbarkeit auf realwirtschaftliche Fragestellungen aufgewogen, die sonst zu einem Hemmnis für den Einsatz in der Praxis führen könnten. Zudem wird der Entscheider gezwungen, sich die Entscheidungssituation transparent zu machen und ermöglicht somit eine konsistente und vor allem nachvollziehbare Bewertung. Zur Bestimmung einer Wertuntergrenze wird auch ein klassisches kapitalwertbasiertes Verfahren modelliert. Dies wird auch dann Anwendung finden, wenn die Grundregeln für den Aufwand optionsbasierter Verfahren – hohe Unsicherheit und hohe Flexibilität – nicht erfüllt sind.



**Schritt 16 - Schätzung der Parameter und Berechnung:** Die Konsequenzen der in den Szenarien antizipierten Umfeldänderungen gehen in die Ermittlung der Optionsparameter ein. Diese beinhalten die quantifizierten, realwirtschaftlichen Modellgrößen die sich aus der Finanzoptionsanalogie ergeben. So entsprechen beispielsweise die Investitionskosten dem Basispreis einer Aktie oder der Zeitraum der Investitionsmöglichkeit der Laufzeit der Aktie. Diese Laufzeit muß jedoch dynamisch betrachtet werden, da Wettbewerbs- und Technologieumfeld darauf einwirken. Die Festlegung der Bewertungsparameter bestimmt in entscheidendem Maße die Qualität der Ergebnisse. Die Inputparameter sind für die spezifische Unternehmenssituation zu ermitteln. Bei der Modellierung wird darauf geachtet, die Anwender durch Impulsfragen auf Konsistenz und Richtigkeit der seiner Annahmen hinzuweisen. An dieser Stelle folgt die formale Berechnung der Ergebnisse. Wurde in Schritt 14 der Einsatz eines klassischen Kapitalwertverfahrens bestimmt, findet ausschließlich dieses zu Bewertung der Handlungsalternativen Anwendung.

**Schritt 17 - Feinabstimmung der Ergebnisse:** Dieser Teilschritt dient einerseits der Aufdeckung und gegebenenfalls Berücksichtigung möglicher Interaktionseffekte. Realwirtschaftliche Investitionsprojekte enthalten oftmals Bündel verschiedener, interagierender Realloptionen. Deren Optionswerte sind in der Regel nicht-additiv, eine Bewertung jedoch in ihrer Gesamtheit möglich. Nach einer qualitativen Einschätzung werden nur wesentliche Optionsrechte einbezogen. Da die Ergebnisse stark von den Inputparametern sowie den zugrundeliegenden Annahmen (Szenarien) abhängen, schließt sich weiterhin eine Sensitivitätsanalyse an. Zusätzlich werden im Sinne eines Stress-Test Störereignisse (vgl. Schritt 7) betrachtet, die anders als die formale, ceteris paribus Betrachtung einer Sensitivitätsanalyse eine zwar hypothetische, aber realistische, radikale Änderung der grundlegenden Szenarien bedeutet und deren Auswirkung auf die Bewertung einer Handlungsalternative offenbart.

**3.1.7 Arbeitspaket 7: Aufstellung eines Entscheidungsmodells****Beteiligte Verbundpartner:** IWH, TUD**Beginn:** 11/07**Ende:** 04/08**Arbeitsbeschreibung**

**Schritt 18 - Integration der Modellkomponenten:** Die bisher allein stehenden Modellkomponenten des Risikoring und des Realoptionsansatzes werden miteinander verknüpft. Die Wirkungszusammenhänge der drei Entscheidungsgrößen CO<sub>2</sub>-Preis, VaR sowie Wert der Anpassungsmaßnahme werden beschrieben und die datentechnischen Schnittstellen synchronisiert. Dieses Gesamtmodell dient als Vorlage zur Entwicklung der Software.

**Schritt 19 - Ableitung von Entscheidungsregeln:** Für den Anwender sind diese Zusammenhänge zu interpretieren und in Form von Managementregeln zur Entscheidungsunterstützung zu formulieren. Es werden die alternativen Anpassungsstrategien aufgezeigt und im Hinblick auf ihre ökonomischen und ökologischen Effekte abgewogen. Dazu wird die Vorgehensweise des ökonomisch-ökologischen Nettoeffekts auf die vorliegende Situation übertragen, den Gegebenheiten des Investitionsrechenverfahrens angepaßt und auf eine intertemporale Betrachtungsweise erweitert. Die Möglichkeiten der aktiven CO<sub>2</sub>-Reduktion (Vermeidung, Verminderung, Substitution usw.) stehen dabei den passiven Strategien (z. B. Kauf von Zertifikaten) gegenüber. Darüber hinaus werden Möglichkeiten der Kostenüberwälzung einbezogen. Unter Berücksichtigung der individuellen unternehmerischen Risiko- und Ökologieeinstellung werden Entscheidungsregeln entworfen.

**3.1.8 Arbeitspaket 8: Software CO<sub>2</sub>-Navigator****Beteiligte Verbundpartner:** EDV-Entwickler N.N.**Beginn:** 11/07**Ende:** 10/08**Arbeitsbeschreibung**

**Schritt 20 - Programmierung der Software:** Das bisher als theoretisches Konstrukt bestehende Entscheidungsmodell wird als Software aufbereitet werden, die eigene Bewertungen durch Unternehmen ermöglicht. Der Fokus liegt dabei auf einer MS Excel-basierten Lösung, die eine Verbreitung und Anwendung in Unternehmen begünstigt. Es wird eine autarke Lösung geschaffen werden, die keine kostenintensive Spezialsoftware erfordert. Die Software wird interaktiv konzipiert, die Unternehmer befähigt eigene Strategien zu bewerten und kritisch zu hinterfragen. Der Workshopcharakter der Software kann Handlungsspielräume bei CO<sub>2</sub>-Strategien offen legen und Impulse für langfristige Klimaschutzmaßnahmen setzen. Gegebenenfalls wird während der Laufzeit des Projektes eine Online-Version geschaltet, so daß die Berechnung mit Unterstützung der Verbundpartner erfolgen kann. Die Software wird zweisprachig (englisch/deutsch) konzipiert, da dies erfahrungsgemäß den Verbreitungsgrad einer Software maßgeblich fördert. Für die Software werden eine technische Dokumentation sowie ein Benutzerhandbuch erstellt. Die Aufgaben dieses Arbeitsschrittes werden als Unterauftrag an EDV-Spezialisten vergeben, derzeit kann noch kein Auftragnehmer benannt werden.

**Schritt 21 - Test der Software:** Die Software wird einer intensiven Funktionskontrolle unterworfen, die zur Sicherstellung der Funktionalität zwingend erforderlich ist.

**3.1.9 Arbeitspaket 9: Empirische Prüfung des Unternehmensmodells****Beteiligte Verbundpartner:** IWH, TUD**Beginn:** 04/08**Ende:** 09/08**Arbeitsbeschreibung**

**Schritt 22 - Gewinnung der Daten für die prototypischen Unternehmensfälle:** Die empirische Prüfung des Entscheidungsmodells erfolgt anhand prototypischer Unternehmen. Diese sind als Kooperationspartner in das Vorhaben eingebunden. Die Daten, die auf historischen Entscheidungen beruhen, werden in anonymisierter Struktur zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse werden als relative Zahlen ausgewiesen, wodurch vergleichende Betrachtungen und die Identifikation von Unterschieden über Unternehmensgrößen und Branchen hinweg möglich sind.

**Schritt 23 - Auswertung der Ergebnisse:** Es wird untersucht, ob die auf den historischen Unternehmensdaten basierende Entscheidung kongruent zum entwickelten Modell ist. Die Ergebnisse des empirischen Tests werden ausgewertet, um mögliche Rückschlüsse über Modellrichtigkeit und -genauigkeit zu treffen. Gegebenenfalls ist eine wiederholte Kalibrierung in den einzelnen Arbeitspaketen notwendig. Darüber hinaus wird Know how im Umgang mit dem Entscheidungsmodell zusammengefaßt und für spätere Schulungen und als Praxisleitfaden zusammengestellt.

**3.1.10 Arbeitspaket 10: Ableitung von Strategieempfehlungen****Beteiligte Verbundpartner:** IWH, TUD**Beginn:** 06/08**Ende:** 11/08**Arbeitsbeschreibung**

**Schritt 24 - Kritische Diskussion:** Dieser Schritt dient einer kritischen Diskussion des Gesamtvorhabens sowie der einzelnen Arbeitspakete. Neben der eigenen Analyse von Seiten der Verbundpartner wird die Diskussion mit der wissenschaftlichen Fachöffentlichkeit durch geplante Veröffentlichungen von Diskussionsbeiträgen angestrebt. Darüber hinaus wird das Feedback von den kooperierenden Unternehmen, Experten und den Multiplikatoren eingeholt.

**Schritt 25 - Empfehlungen zur Strategieumsetzung:** Basierend auf den generellen Ergebnissen des entworfenen Entscheidungsmodells erfolgt eine Zusammenfassung der erzielten Projektergebnisse. Für Unternehmen werden Normstrategien entworfen, ausführlich erläutert und diskutiert. So werden den Unternehmen die Korridore für ihre Investitionsplanung unter den Bedingungen eines Emissionshandelssystems aufgezeigt. Darüber hinaus wird die Übertragbarkeit der entworfenen Entscheidungssystematik auf ein deutlich breiteres Anwendungsfeld dargestellt.

**Schritt 26 - Herleitung wirtschaftspolitischer Empfehlungen:** Die Ergebnisse des Projektes verdeutlichen den Trägern der Wirtschafts- sowie Klimapolitik die Folgen des Handelns auf der unteren Ebene, der des Unternehmens. Es erfolgt eine entsprechende Analyse der Ergebnisse, welche generellen Empfehlungen daraus abzuleiten sind.

**3.1.11 Arbeitspaket 11: Kommunikation****Beteiligte Verbundpartner:** IWH, TUD**Beginn:** 12/06**Ende:** 11/08**Arbeitsbeschreibung**

Projektbegleitend wird über die gesamte Laufzeit des Vorhabens eine aktive Kommunikation und Multiplikation betrieben. Regelmäßig werden die beteiligten Unternehmen, Experten und Multiplikatoren über den Stand der Arbeitsschritte auf gemeinsamen Workshops informiert. In Vorbereitung der folgenden Arbeitsschritte, die eine aktive Teilnahme der beteiligten Unternehmen und Experten erfordern, wird themenspezifisch ein Referent eingeladen. Geeignete Multiplikatoren begleiten als Partner das Vorhaben und verbreiten über ihre Netzwerke die Projektidee sowie Zwischen- und Endergebnisse, Vorträge im Rahmen dieser Netzwerke sind angedacht. Nach der Hälfte der geplanten Projektlaufzeit wird ein Statusseminar veranstaltet, woran neben den Beteiligten auch interessierte Gäste teilnehmen können und die Zwischenergebnisse diskutieren sollen. Den Abschluß des Vorhabens bildet eine Konferenz mit allen Beteiligten und unter Einbezug eines breiten Interessentenkreises. In der Abschlußphase des Projektes soll insbesondere eine Verbreitung der Software der Bekanntmachung der Projektergebnisse dienen. Schulungen zur Anwendung des entwickelten Entscheidungsmodells werden nicht exklusiv nur den kooperierenden Unternehmen angeboten, eine Teilnahme weiterer interessierter Unternehmen ist möglich.

### 3.2 Zeitplanung

Die Durchführung des geplanten Forschungsvorhabens wird voraussichtlich 2 Jahre in Anspruch nehmen, wobei eine Förderung über den gesamten Zeitraum benötigt wird. Die folgende Abbildung zeigt, wann die einzelnen Arbeitspakete bearbeitet werden. Als Besonderheit des geplanten Forschungsvorhabens werden fast alle Arbeitspakete gemeinsam bearbeitet. Ausnahme hiervon sind die Arbeitspakete 5 bzw. 6 die ausschließlich am IWH bzw. an der TU Dresden bearbeitet werden sowie Arbeitspaket 8, welches komplett als Auftrag vergeben wird.

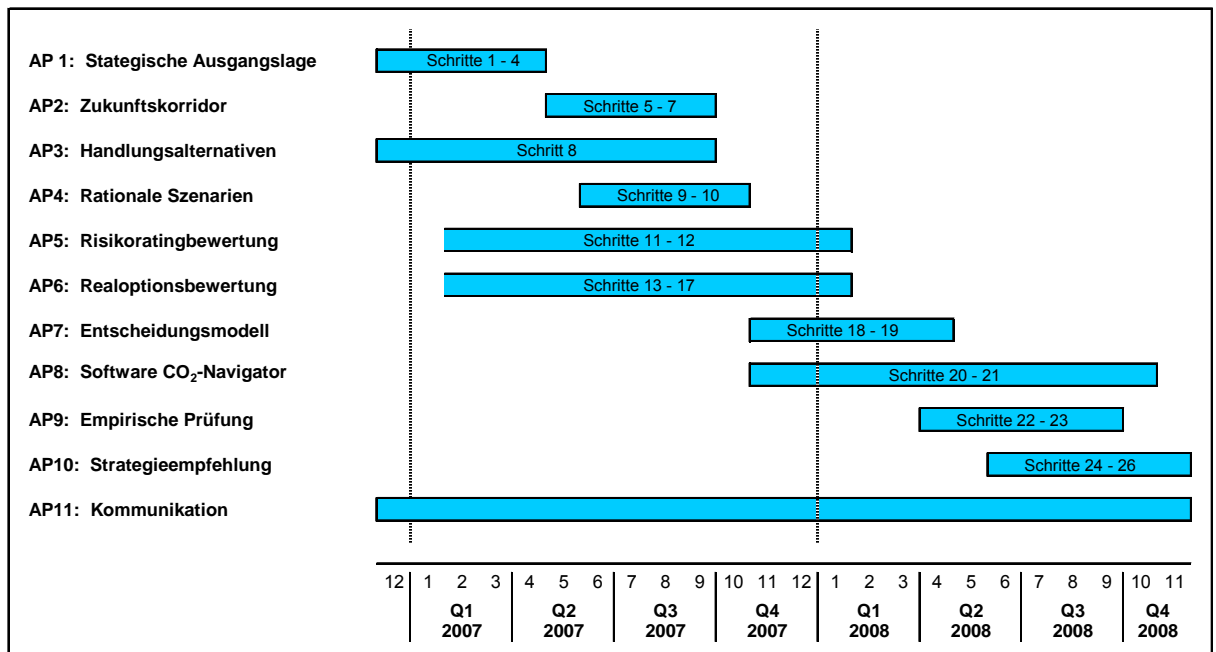


Abbildung 4: Balkenplan

## 4 Anwendungspotential

**Wirtschaftliches Anwendungspotential:** Zentrales Anwendungsziel des zu entwickelnden Entscheidungsmodells ist es, die Unternehmen bei der Bestimmung einer optimalen Anpassungsstrategie zu unterstützen. Die aktuelle Situation besitzt eine solche Vielzahl von Unbekannten, die dazu führen, daß Investitionen häufig „ausgesessen“ werden. Das Entscheidungsmodell weist Chancen und Risikovermeidungsmöglichkeiten verbesserter Anpassungsstrategien an Klimatrends aus. Da immer auf eine deutliche Praxisnähe geachtet wird, kann das Entscheidungsmodell auch in KMU eingesetzt werden.

**Volkswirtschaftliches Anwendungspotential:** Die zu entwickelnden Szenarien beschreiben zukünftige Auswirkungen des Emissionshandels, aber auch eines Klimawandels auf die Unternehmen sowie die betroffenen Branchen. So werden Überlegungen zu Veränderungen der Markt- und Wettbewerbsstrukturen infolge des CO<sub>2</sub>-Risikos, beispielsweise der Bildung von Kartellen zur Sicherung CO<sub>2</sub>-neutraler Ersatzbrennstoffe, angestellt.

**Wirtschaftspolitisches Anwendungspotential:** Die Auswirkungen der Regulierung werden parallel unter einem wirtschaftspolitischen und unmittelbar unternehmerischen Blickwinkel analysiert. Zukünftige regulatorische Entscheidungen können diese Ergebnisse berücksichtigen.

**Ordnungsrechtliches Anwendungspotential:** Zum einen werden die Auswirkungen des Emissionshandels auf die Anforderungen des Ordnungsrechts dargelegt. So werden juristische Problemfelder offenbart, die infolge von Anpassungsmaßnahmen, beispielsweise einer CO<sub>2</sub>-Sequestrierung am Meeresgrund, erst auftauchen. Zum anderen werden möglich Entlastungen des Ordnungsrechts betrachtet, die durch Lenkungseffekte des Emissionshandels entstehen. Als Beispiel sei hierfür die enorm gestiegene Nachfrage nach Altreifen als Sekundärbrennstoff zu nennen.

**Klimapolitisches Anwendungspotential:** Mit dem geplanten Entscheidungsinstrumentarium werden die Unternehmen hinsichtlich langfristiger, aktiver Anpassungsstrategien sensibilisiert. Die Entscheidungsfindung basiert nicht nur auf einer ausschließlich ökonomischen Sicht, sondern ökologische und risikorelevante Aspekte werden gleichermaßen transparent gemacht. Gegenüber der Politik kann verdeutlicht werden, inwieweit die Rahmenbedingungen des Emissionshandels als ein wesentliches Instrument der Klimapolitik die gewünschten Wirkungen bei der unternehmerischen Entscheidung erzielen.

**Umweltpolitisches Anwendungspotential:** Insbesondere die Analyse und Prognose des unternehmerischen Umfeldes wird die Rückkopplung der Klimapolitik, im engeren Sinne des Emissionshandels, auf andere Schwerpunktbereiche der Umweltpolitik aufzeigen. So können positive Effekte, wie die verstärkte Nutzung von Biomasse, den negativen Folgen, wie dem Aufschwung der energetischen Verwertung gegenüber einer Wiederverwendung oder werkstofflichen Verwertung gegenübergestellt werden.



**Bildungspolitisches Anwendungspotential:** Die interaktive Software CO<sub>2</sub>-Navigator macht klimarelevante Anpassungsstrategien für Unternehmen greifbar und führt zu einem verbesserten Verständnis. Die unternehmerischen Risiken einer passiven Grundhaltung und damit Abhängigkeit vom unsicheren Zertifikatemarkt werden analysiert. Zudem vermittelt das Denken in Optionen am Beispiel CO<sub>2</sub> eine Schärfung der Sicht auf innovative Anpassungsmaßnahmen und weitere Anwendungsfelder.

**Transferpotential:** Das zu erarbeitende Entscheidungsinstrument kann das spezifische Nachhaltigkeitsziel Klimaschutz vermitteln. Die Praxisnähe des Konzepts und die Einbindung der Betroffenen befördert den Transfer des im Vorhaben aufgebauten Wissens in die gewerbliche Wirtschaft.

**Wissenschaftliches Anwendungspotential:** Obwohl Realloptionen schon lange Gegenstand der Forschung sind und die theoretische Überlegenheit des Ansatzes oft konstatiert wurde, verläuft die Übernahme in die Praxis nur langsam. Der Einsatz des Realloptionsansatzes anhand eines so aktuellen Anwendungsfeldes wie dem Emissionshandel und die Konzeption eines darauf aufbauenden Entscheidungsmodells werden diesen Prozeß beschleunigen. Durch die Betrachtung des CO<sub>2</sub> Risikos, können Risikomanagementsysteme um diese zusätzliche Komponente erweitert werden.

**Risikominderungspotential:** Das Risiko fehlender CO<sub>2</sub>-Lizenzen wird in das unternehmerische Risikoportfolio eingebunden und versetzt das Unternehmen in die Lage, die Bedeutung der Komponente CO<sub>2</sub> für das Unternehmen abzuschätzen und die aus diesem Risiko erwachsenden Kosten zu ermitteln. Darüber hinaus wird die relative Bedeutung des CO<sub>2</sub>-Risikos im unternehmerischen Risikoportfolio bestimmt. Der so offenbarte Handlungsbedarf macht den Bedarf aktiver Anpassungsstrategien transparent.

## 5 Verwertungsplan und Erfolgsaussichten

### 5.1 Wirtschaftliche und wissenschaftlich/technische Erfolgsaussichten

Die Kooperationspartner zeigen **außerordentliches Eigeninteresse**. Dies resultiert aus der unmittelbaren **Betroffenheit** der Unternehmen durch den Klimawandel und seiner ökologischen und ökonomischen Folgen und läßt sich u. a. daran erkennen, daß die Mitwirkung losgelöst von finanziellen Zuwendungen durch das BMBF zugesagt wurde.

Die Idee des beantragten Vorhabens wurde bereits im Vorfeld mit einem ausgewählten Kreis von **Vertretern aus Wirtschaft und Politik** diskutiert. Das dabei ausgedrückte große Interesse und erhebliche Engagement spricht für die Notwendigkeit des geplanten Vorhabens und ein **breites Interesse** an dessen Ergebnissen.

Der **Nutzen für verschiedene Anwendergruppen** ergibt sich aus der Einbeziehung von Unternehmen verschiedener Sektoren und Größenklassen. Da die Kooperationspartner bereits zu Beginn des Projektes eingebunden werden, können sie ihre Vorstellungen und Bedürfnisse einbringen und stellen damit die Praktikabilität des Entscheidungsmodells sicher.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor ist die **Bündelung von mikro- und makroökonomischer Kompetenz gepaart mit juristischen Sachverstand**. Ausgehend von der Analyse des Makroumfeldes, das globale Klimafolgen abbildet, über das branchenbezogene Aufgabenumfeld werden die Zusammenhänge bis auf die unternehmerische Entscheidungsebene heruntergebrochen. Somit wird eine Verzahnung der Disziplinen erreicht, die der Spezifik des Klimawandels Rechnung trägt.

Das schrittweise und detaillierte Herangehen der ersten drei Arbeitspakete, die über eine reine Befragung der Unternehmen deutlich hinausgehen, beugt einem einseitigen „**Framing**“ durch die unternehmerischen Entscheidungsträger vor und kann bereits vorhandene **Handlungsroutinen durchbrechen** und **innovativen Ideen** Raum verschaffen.

Ein oftmals identifiziertes Hemmnis für den Einsatz neuer Verfahren in der unternehmerischen Praxis ist **fehlendes Wissen**. So können der Realoptionsansatz und Modelle der Risikoaggregation aufgrund ihrer Komplexität noch nicht als Stand der Technik in den Unternehmen eingeschätzt werden. Diesem Umstand wird im beantragten Vorhaben mit der Entwicklung einer **interaktiven Software** Rechnung getragen.

Der bedeutende Nutzen der Berücksichtigung von Handlungsspielräumen besteht in der Sensibilisierung der Entscheider für ein **Denken in realen Optionen**. Die Anwendung des Realoptionsansatzes legt mögliche Optionen offen, liefert Erkenntnisse über zugrundeliegende Werttreiber und macht den Weg einer Entscheidung transparent. Der Realoptionsansatz liefert neben seiner instrumentellen Form als Rechenmodell vor allem einen Beitrag zur Diskussion der Vorteilhaftigkeit einer flexiblen Anpassungsstrategie und deren systematischer Steuerung.

## 5.2 Umsetzungskonzepte

Das geplante Vorhaben bedient sich einer Auswahl verschiedener Konzepte, die den wissenschaftlichen Erfolg und vor allem die Diffusion der Ideen in die unternehmerische Praxis positiv beeinflussen.

In die Bearbeitung des Konzeptes werden neben den wissenschaftlichen Partnern von Beginn an betroffene Unternehmen, Experten aus Wirtschaft und Politik sowie relevante Multiplikatoren eingebunden. Dieser Personenkreis wird laufend über die Teilergebnisse des Projektes informiert und kann somit steuernd eingreifen, wenn beispielsweise der Praxis- oder Anwendungsbezug der wissenschaftlichen Arbeiten vertieft werden muß oder aktuelle Bedürfnisse der Unternehmen Berücksichtigung finden müssen.

Die Treffen mit dem oben genannten Personenkreis werden in Workshops durchgeführt, die über die Präsentation des aktuellen Projektstandes hinausgehen. So werden externe Referenten zu projektspezifischen Fragestellungen geladen, Diskussionsrunden stattfinden und die folgenden Arbeitspakete vorbereitet.

Während des gesamten Projektes wird die Kommunikation mit einer breiten Fachöffentlichkeit gesucht, zielgruppenspezifisch aufbereitete Ergebnisse sind unbedingt den Vertretern aus Wirtschaft, Politik und Unternehmen zugänglich zu machen. Ein Weg zur kritischen Diskussion der Projektergebnisse ist deren Präsentation auf Veranstaltungen mit einem breiten Interessentenkreis. Dazu wird nach der Hälfte der Projektlaufzeit ein Statusseminar und am Ende des Projektes eine dreitägige Konferenz stattfinden. Darüber hinaus dienen Diskussionspapiere, Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Vorträge auf Fachtagungen zur kritischen Auseinandersetzung.

Eine weitere tragende Säule des Wissenstransfers ist die Erstellung einer interaktiven Software. Diese wird nicht im Sinne einer Black-Box-Anwendung konzipiert, sondern fokussiert auf eine transparente Gestaltung der Entscheidungsfindung. Bei den zum Umgang mit der Software erforderlichen Schulungen wird nicht das technische Verständnis im Vordergrund stehen, vielmehr wird eine ganzheitliche Sicht aus Klimaproblematik, unternehmerischer Entscheidungssituation und modelltechnischen Erläuterungen präsentiert.

Neben den Partnern aus der Wirtschaft soll die Thematik des Vorhabens auch mit Studenten eruiert werden. Eine sehr erfolgreiche Plattform ist das Seminar „Wissenschaftliche Begleitung eines Praxisprojektes“, das regelmäßig mit den Studenten der Professur für Betriebliche Umweltökonomie durchgeführt wird. Bei diesem Seminar werden die Studenten aktiv in die Bearbeitung des Projekts eingebunden, indem eine bestimmte Frage- bzw. Problemstellung herausgegriffen wird, für die durch die Seminarteilnehmer eine Lösung entwickelt wird.

## 5.3 Weitere Nutzungsmöglichkeiten

Bereits bei der Konzeption und bei der Formulierung dieses Antrages wurde maßgeblich die Erweiterbarkeit des festgelegten Untersuchungsrahmens thematisiert. So wurden zwar einschränkend CO<sub>2</sub>-Emissionen herangezogen. Die Vorgehensweise läßt sich jedoch problemlos auf weitere Treibhausgase übertragen oder kann weitere, bereits heute vom Emissionshandel betroffene Branchen einbeziehen. Die Überlegungen können aber auch auf andere, derzeit

noch nicht unter den Rahmen des Emissionshandels fallende, CO<sub>2</sub>-emittierende Industrien angewandt werden. Auch die Berücksichtigung nur indirekt vom Emissionshandel betroffener Unternehmen der nachfolgenden Lieferkette ist denkbar. Das entwickelte Instrumentarium kann gemäß seiner Konzeption auch für andere Anpassungsstrategien genutzt werden.

Im geplanten Vorhaben erfolgte für die Bewertung der Anpassungsstrategien eine Beschränkung auf einen Unsicherheitsfaktor, den CO<sub>2</sub>-Marktpreis. Die Anwendung erweiterter simulationsbasierter Ansätze ermöglicht die simultane Einbindung weiterer Unsicherheitsfaktoren, beispielsweise Brennstoffmix oder Energiepreise.

Gänzlich losgelöst von der betrachteten Entscheidungssituation kann die beschriebene Vorgehensweise und das zugrundeliegende Instrumentarium auch für andere unternehmerische Entscheidungen, beispielsweise Standortentscheidungen, herangezogen werden. Das Vorhaben liefert somit auch einen Beitrag zur Diffusion der wissenschaftlichen Theorien der Realoptionen und Risikoaggregation in die Praxis.

Die Transparenz über die unternehmerische Entscheidung bei der Festlegung einer Anpassungsstrategie, wie sie das zu entwickelnde Modell ermöglicht, wird auch in Vorlesungen eingebunden. Sie bringt den Studenten anschaulich die Bedeutung des Klimaschutzes und dessen wirtschaftlicher Auswirkungen nahe.

## 6 Arbeitsteilung und Zusammenarbeit mit Dritten

Die Partner im Rahmen des geplanten Forschungsvorhabens setzen sich aus vier Wirkungsebenen zusammen:

- Verbundpartner
- Kooperierende Unternehmen
- Experten
- Multiplikatoren

### 6.1 Verbundpartner und Arbeitsteilung

Die Bearbeitung des Projektes werden im Wesentlichen die Professur für Betriebliche Umweltökonomie der TU Dresden und das Institut für Wirtschaftsforschung Halle übernehmen. Beide Partner arbeiten parallel in enger Abstimmung miteinander, es finden regelmäßige, mindestens monatliche Arbeitstreffen statt. Während die besonderen Kompetenzen der Professur Betriebliche Umweltökonomie in der Entwicklung des Entscheidungsmodells und Bewertung mit dem Realoptionsansatz liegen, ist das IWH der kompetente Partner zu Fragen der makroökonomischen Analysen und Risikobetrachtung. Die Projektkoordination übernimmt die Professur für Betriebliche Umweltökonomie der TU Dresden.

Für die Bearbeitung der verfassungs- und wirtschaftsrechtliche Fragestellungen wird Prof. Dr. Winfried Kluth, Inhaber des Lehrstuhls für Öffentliches Recht an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg einbezogen. Er soll organisatorisch über einen Unterauftrag eingebunden werden. Er beschäftigt sich bereits seit 1987 mit rechtlichen und ökonomischen Fragen der Steuerung im Bereich des Klimaschutzes. Seit Anfang 2004 berät er das Ministerium für Wirtschaft und Arbeit des Landes Sachsen-Anhalt zu verfassungsrechtlichen Fragen der Umsetzung der EU-Emissionshandelsrichtlinie und wurde vom Land Sachsen-Anhalt beauftragt, zum Teilaspekt der *early actions* Regelung einen Normenkontrollantrag vor dem Bundesverfassungsgericht zu stellen. Darüber hinaus betreut er weitere Projekte mit Bezug zu umweltrechtlichen Fragestellungen.

Die EDV-technische Umsetzung der interaktiven Software CO<sub>2</sub>-Navigator wird durch Informatiker durchgeführt, die ebenfalls über einen Unterauftrag in das Projekt eingebunden werden. Die Person bzw. Firma ist noch zu bestimmen. Es wird ein Auftragnehmer benannt werden, der bereits Erfahrungen bei der Programmierung im Bereich der Risiko- oder Realoptionsbewertung aufweisen kann und über die sprachliche Kompetenz für die zweisprachige Konzeption der Software verfügt.

### 6.2 Kooperierende Unternehmen

Um für die Praxis nutzbare Ergebnisse sicherzustellen, wird auf eine aktive Beteiligung interessierter Unternehmen besonderer Wert gelegt. Die Kooperationspartner aus der Wirtschaft übernehmen im Projekt zwei wichtige Funktionen:

- Sie sind Experten im Rahmen der ersten vier Arbeitsschritte.
- Sie sind Prototypen, anhand derer die empirische Prüfung des Entscheidungsmodells erfolgt.

Die Unternehmen stellen Daten ihres Unternehmens in anonymisierter Form zur empirischen Prüfung des zu entwickelnden Entscheidungsmodells sowie der Software zur Verfügung. Für die Auswahl der Kooperationspartner wurden vom Emissionshandel in Deutschland betroffenen Sektoren identifiziert und repräsentative Unternehmen ausgewählt, die in folgender Tabelle aufgeführt sind.

### **6.3 Experten**

Als Experten werden Vertreter aus Wirtschaft und Politik herangezogen, die zu den jeweiligen Fragen der einzelnen Arbeitspakete kompetent sind. Mit den Experten werden Interviews geführt und sie nehmen an den geplanten Workshops des Projektes teil. Da sich die im Projekt untersuchte Problematik durch eine außerordentliche Dynamik auszeichnet, ist es erklärtes Ziel der Antragsteller, aktuelle Entwicklungen durch das Hinzuziehen weiterer Experten fortlaufend zu berücksichtigen.

### **6.4 Multiplikatoren**

Das Projekt und dessen Resultate sollen einem breiten Interessenkreis zugänglich gemacht werden. Dieser Wissenstransfer wird neben Workshops und Software durch die enge Einbindung von Multiplikatoren sichergestellt. Diese bringen zum einen die Bedürfnisse ihrer Mitglieder gebündelt in das Projekt ein, andererseits fungieren sie als Promotoren der Projektidee und –ergebnisse durch deren Verbreitung in ihren Netzwerken. Auf der Grundlage bereits bestehender Zusammenarbeit sowie neuer Kontakte werden u. a. das SMUL, die IHK Sachsen, der BDI sowie weitere Branchenverbände einbezogen.

Oftmals erfolgt keine strikte Trennung zwischen den drei letzten Ebenen der Zusammenarbeit, so daß beispielsweise die Unternehmensvertreter sowohl als Ansprechpartner ihrer Unternehmen als auch als Experten und Multiplikatoren fungieren. Die folgenden Partner haben derzeit ihr Einverständnis über eine Zusammenarbeit erklärt. Darüber hinaus werden weitere potentielle Partner angesprochen bzw. sind geplant.

- Degussa AG
- Lafarge Cement GmbH
- Vattenfall Europe
- Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI)
- IHK Dresden
- Umweltbundesamt
- Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)
- Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)

## 7 Literatur

- AXELROD, R.; HAMILTON, W.D.; 1981; The Evolution of Cooperation, Science 211, 1390 – 1396.
- BAIN, J.S., 1949; A Note on Pricing in Monopoly and Oligopoly; American Economic Review 39. 448 ff.
- BARANZINI, A.C., 2003, The impact of possible climate catastrophes on global warming policy, Energy Policy, 31, S. 691-701.
- BAUMOL, W., OATES, W., 1988, The Theory of Environmental Policy, Cambridge University Press, Cambridge.
- BAUMOL, W.J., PANZAR, J.L., WILLIG R.D., 1988, Contestable Markets and the Theory of Industrial Structure, Hartcourt Brace Javanovich, San Diego - New York – Chicago.
- BIERMANN, B. (1998): Modernes Risikomanagement in Banken, in ELLER, R. (Hrsg.) (1998): Handbuch des Risikomanagements, Analyse, Quantifizierung, und Steuerung von Marktrisiken in Banken und Sparkassen, Stuttgart, Schäffer-Poeschel Verlag.
- BINMORE, K., 1992, Fun and Games: A Text on Game Theory, Lexington, Mass.
- BIRGE, J.R., 1996, Incorporating Investment Uncertainty into Greenhouse Policy Models, Energy Journal 17. 79-81.
- BLACK, F., SCHOLES, M., 1973, The Pricing of Options and Corporate Liabilities, Journal of Political Economy 81. 617 – 659.
- BLANCO, C., SORONOW, D., CHOI, S., 2001, Energy Price Processes Used for Derivatives Pricing Risk Management, Commodities Now.
- BLUM, U., GLEIBNER, W., LEIBBRAND, F., 2004, Ausbau Ost: Nachbetrachtung: Das Sachsen-Rating-Projekt, Finance, April. 66-67.
- BLUM, U., GLEIBNER, W., LEIBBRAND, F., 2004a, Charakteristika gefährdeter Unternehmen - Erkenntnisse aus dem Sachsen-Rating Projekt, in: Kredit & Rating Praxis, Heft 5/2004. 18-19.
- BLUM, U., MÖNIUS, J., 1997, Versunkene Kosten und Wirtschaftspolitik, Wirtschaftswissenschaftliches Studium 1, 17. Jg. 7-13.
- BRESNAHAN, T., 1981, Duopoly Models with Consistent Conjectures, The American Economic Review 71 No. 5. 934-943.
- CARBON DISCLOSURE PROJECT, (2005), Press Release, 14. September 2005
- CHANDER, P., TULKENS, H., VAN YSPERLE, J., WILLEMS, S., 1999, The Kyoto Protocol. An Economic and Game Theoretic Interpretation, Climneg Working Paper No.12, CORE, Louvain-la-Neuve.
- CORTS, K.S., 1999, Conduct Parameters and the Measurement of Market Power, Journal of Econometrics 88. 227-250.
- COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M., 1979, Option Pricing: A Simplified Approach, Journal of Financial Economics No. 3. 229-263.

- DE JONG, C, WALET, K. 2004, A Guide to Emissions Trading, Risk Managment and Business Implication, Risk Books, London.
- DEUTSCH, H.-P. (2001): Derivate und Interne Modelle, Modernes Risikomanagement, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart 2001, Schäffer-Poeschel Verlag.
- DIEDEREN, P.e.a., 2003, Returns on Investments in Energy-saving Technologies Under Energy Price Uncertainty in Dutch Greenhouse Horticulture, Environmental and Resource Economics No. 24. 379-394.
- DIXIT, A., 1980, The Role of Investment in Entry Deterrence, Economic Journal 90, 1980. 95-106.
- GLEIBNER, W., 2001, Messung und Aggregation von Risiken, in: Gleißner, W., 2001, (Hrsg.), Risikomanagement im Unternehmen, Kognos Verlag, Augsburg, Kapitel 7-3.3. 1-16
- GLEIBNER, W., 2000, Risikopolitik und strategische Unternehmensführung, Der Betrieb, Heft 33.1625-1629
- GODAL, O.e.a., 2003, Carbon Trading with Imperfectly Observable Emissions, Environmental and Resource Economics 25. 151-169.
- GRAICHEN, P., REQUATE, T., 2005, Der steinige Weg von der Theorie in die Praxis des Emissionshandels: Die EU-Richtlinie zum CO<sub>2</sub>-Emissionshandel und ihre nationale Umsetzung, Perspektiven der Wirtschaftspolitik 6 No. 1. 41-56.
- GÜNTHER, E., 2003, Rechnungslegung von Emissionsrechten, Zeitschrift für kapitalmarktorientierte Rechnungslegung 3 No. 10. 432-443.
- GÜNTHER, E., TRÖLTZSCH, J., 2004, Erfassung von Treibhausgasemissionen - eine Analyse von 25 Leitfäden, Dresdner Beiträge zur Betriebswirtschaftslehre Nr. 87.
- GÜNTHER, E. 2000, Ökologiekosten, In: FISCHER, T., Kosten-Controlling, Schäffer-Pöschel Verlag, Stuttgart.
- HAHN, R., STAVINS, R., 1999, What Has Kyoto Wrought? The Real Architecture of International Tradeable Permit Markets, Resources for the Future Discussion Paper 99-30.
- HASSETT, K., METCALF, G., 1992, Energy Tax Credits and Residential Conservation Investment, NBER Working Paper No. 4020.
- HOMBURG, C., STEPHAN, J. 2004, Kennzahlenbasiertes Risikocontrolling in Industrie- und Handelsunternehmen, in: ZfCM Nr. 5/2004, S. 1-33.
- HOMMEL, U., PRITSCH, G., 1999, Marktorientierte Investitionsbewertung mit dem Realoptionsansatz: Ein Implementierungsleitfaden für die Praxis, Finanzmarkt und Portfolio Management 13 No. 2. 121-144.
- HOMMEL, U. & PRITSCH, G., 1999, Investitionsbewertung und Unternehmensführung mit dem Realoptionansatz, In: Achtleitner, A. & Thoma, G.F. (ed.) Handbuch Corporate Finance, Verlag Deutscher Wirtschaftsdienst, S. 1-65.
- IDW, 2005, Entwurf IDW Stellungnahme zur Rechnungslegung: Bilanzierung von Schadstoffemissionsrechten nach HGB, Verlautbarung IDW unter <http://www.idw.de>.



- INSLEY, M.C., 2003, On the option to invest in pollution control under a regime of tradable emissions allowances, *Canadian Journal of Economics* 36 No. 4. 860-883.
- IPCC 2001, *Climate Change 2001: Synthesis Report, Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, Cambridge UK.
- ISIK, M., 2004, Incentives for Technology Adoption Under Environmental Policy Uncertainty: Implications for Green Payment Programs, *Environmental and Resource Economics* 27. 247-263.
- JOSKOW, P., SCHMALENSEE, R., BAILEY, E., 1998, The Market for Sulfur Dioxide Emissions, *American Economic Review* 88 No. 4. 669-685.
- JOU, J., 2001, Environment, Asset Characteristics, and Optimal Effluent Fees, *Environmental and Resource Economics* 20. 27-39.
- KLEPPER, G., PETERSON, S., 2004, The EU Emissions Trading Scheme Allowance Prices, Trade Flows and Competitive Effects, *European Environment* 14. 201-218.
- KÜHN, K.-U., 2001, Fighting Collusion by Regulating Communication Between Firms, *Economic Policy: A European Forum* 32. 167 – 204.
- LINSMEIER, T. J., N. D. PEARSON, 1996, Risk Measurement: An introduction to value-at-risk. Technical report 96-04, OFOR, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL.
- LUEHRMANN, T., 1998a, Strategy as a Portfolio of Real Options, *Harvard Business Review* 76. 89-99.
- LUEHRMANN, T., 1998b, Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers, *Harvard Business Review* 76. 51-67.
- MEFFERT, H., KIRCHGEORG, M., 1998, *Marktorientiertes Umweltmanagement*, 3. Auflage, Schäffer-Pöschel Verlag, Stuttgart.
- MEISE, F., 1998, *Realoptionen als Investitionskalkül*, Oldenbourg Verlag.
- MERBECKS, A. (1995): *Zur Organisation des Risikomanagements in Kreditinstituten*, Hochschulschrift der Universität Bochum, Bochum 1995
- MERTON, R., 1973, Theory of Rational Option Pricing, *Bell Journal of Economics*, S.141-183.
- MOORE, C. A., 2003, Marketing Failure: The Experience With Air Pollution Trading in the United States, Harvard: Electricity Policy Group, J.F. Kennedy School of Government, Harvard University.
- MÜLLER, D., 2004, *Realoptionsmodelle und Investitionscontrolling im Mittelstand*, DUV, Wiesbaden.
- MYERS, S., 1977, Determinants of Corporate Borrowing, *Journal of Financial Economics* No. 2.147-175.
- ODENING, M., MÜBHOFF, O., BALMANN, A., 2005, Investment decisions in hog fishing: an application of the real options approach, *Agricultural Economics* 32 No. 1. 47-60.
- POINT CARBON, 2004, What determines the price of carbon?, *Carbon Market Analyst - Special Issue*, October.
- PORTER, M. E., 1999, *Wettbewerbsstrategie (Competitive Strategy): Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten*, 10. Aufl., Campus Verlag.

- PINDYCK, R., 2000, Irreversibilities and the Timing of Environmental Policy, *Resource and Energy Economics* 22 No. 3. 233-259.
- ROSENBAUM, D.I., READING, S. L., 1988, Market Structure and Import Share: a Regional Analysis; *The Southern Economic Journal* 54 No. 3. 694 – 700.
- RÜSBERG, L., SÜCHTING, J. (Hrsg.) (1992), Banken-Rating, Rendite, Risiko und Wachstum von Kreditinstituten, Band 16 in Schriftenreihe des Instituts für Kredit- und Finanzwirtschaft der Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Wiesbaden 1992, Gabler Verlag.
- SANSTAD, A., BLUMSTEIN, C., Stoft, S., 1995, How high are option values in energy-efficiency investments?, *Energy Policy* 23. 739-743.
- SAPHORES, J., CARR, P., 1999, Pollution Reduction, Environmental Uncertainty, and the Irreversibility Effect.
- SCHWARTZ, E., (2004), Patents and R&D as Real Options, *Economic Notes*, Volume 33, Issue 1, Page 23 ff.
- SLADE, M. E., 1990a, Strategic Pricing Models and Interpretation of Price-War Data, *European Economic Review* 34. 524-537.
- SLADE, M. E., 1990b, Cheating on Collusive Agreements, *International Journal of Industrial Organization* 8. 519-543.
- SUTTON, J., 1991, Sunk Costs and Market Structure, Price Competition, Advertising and the Evolution of Concentration, Cambridge, Mass.
- TRIVERS, R.L., 1971, Evolution of Reciprocal Altruism, *Quarterly Review of Biology* 46. 35-57.
- VENETSANOS, K.e.a., 2002, Renewable energy sources project appraisal under uncertainty: the case of wind energy exploitation within a changing energy market environment, *Energy Policy* 30. 293-307.
- WHITNEY, S.N., 1958, Antitrust Policies: American Experience in 20 Industries 1, The Twentieth Century Fund, New York.
- WIESMETH, H., 2003, Umweltökonomie, Springer, Berlin.